



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ : ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΕΓΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ, ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.



ΚΑΡΑΜΗΤΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΤΣΙΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΧΑΝΙΑ 2021

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον καθηγητή κύριο Ιωάννη Κατσίγιαννη για την πολύτιμη βοήθεια, τις γνώσεις και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Τ. Νικολάου για τις πολύτιμες γνώσεις που μας πρόσφερε καθώς και για τις συμβουλές της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους-συμφοιτητές μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια και στάθηκαν δίπλα μου από την αρχή μέχρι και την αποφοίτησή μου από το ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ.

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, λόγω των αυξημένων αναγκών των ανθρώπων για ενέργεια και λόγω της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, έχουν αναπτυχθεί οι πράσινες μορφές ενέργειας. Οι μεγάλες απαιτήσεις σε ποσά ηλεκτρικής ενέργειας από την βιομηχανία και τον τριτογενή τομέα, έστρεψαν τους επιστήμονες να βρουν νέους τρόπους παραγωγής ενέργειας φιλικούς προς το περιβάλλον.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) είναι πηγές οι οποίες παράγουν ενέργεια (ηλεκτρική ή θερμική) χωρίς να εκπέμπουν ρύπους και άλλες βλαβερές ουσίες για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Από το 2005 και έπειτα, ξεκινά μια περίοδος ανάκαμψης των ΑΠΕ στην Ελλάδα με κύριο στόχο την εκμετάλλευση των κλιματικών συνθηκών της χώρας. Μία από τις κατευθύνσεις που υιοθετήθηκαν ήταν η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικίες και κτίρια του τριτογενή τομέα, με κύριο στόχο τον συμψηφισμό ηλεκτρικής ενέργειας και την μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος.

Οι εξελίξεις στον χώρο της εξοικονόμησης ενέργειας δεν σταμάτησαν εκεί, καθώς μέσω Υπουργικών Αποφάσεων νομοθετήθηκε η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μέσω διαφόρων παρεμβάσεων. Κατά αυτό τον τρόπο τα κτίρια θα μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας τους αλλά και την μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου. Μέσω των Υβριδικών Κτιρίων και των Κτιρίων Μηδενικής Κατανάλωσης, ο άνθρωπος μπορεί να μειώσει στο μέγιστο τις ενεργειακές απαιτήσεις για ηλεκτρισμό και θέρμανση-ψύξη του χώρου με φυσικό τρόπο.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μετατροπή του κτιρίου στέγασης του ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ στα Χανιά, σε Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, θα εγκατασταθούν Φωτοβολταϊκά πλαίσια για τον ενεργειακό συμψηφισμό ενός ποσοστού της καταναλισκόμενης ενέργειας καθώς και για την τροφοδοσία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Κατά τον τρόπο αυτό μειώνεται η παραγωγή ενέργειας από συμβατικές πηγές καθώς και το ανθρακικό αποτύπωμα του κτιρίου. Μια επιπλέον λύση για την μετάβαση του κτιρίου σε Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης, είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω κατάλληλων επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος καθώς και στον εξοπλισμό του κτιρίου.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, θα είναι η μετατροπή ενός κτιρίου πιο φιλικό για το περιβάλλον αλλά και για τον άνθρωπο. Θα περιέχει σύγχρονες τεχνολογίες και εγκαταστάσεις, οι οποίες θα αναβαθμίζουν την άνεση του χώρου και θα βοηθούν τους χρήστες να αποδίδουν καλύτερα.

Λέξεις κλειδιά : κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης, ενεργειακός συμψηφισμός, φορτιστές ηλεκτρικών αυτοκινήτων, εξοικονόμηση ενέργειας

Abstract

In recent years, due to the increased energy needs of people and due to the environmental degradation, different types of green energy have been developed. High electricity demand from industry and the tertiary sector has prompted scientists to find new ways to produce environmentally friendly energy.

Renewable Energy Sources (RES) produce energy (electric or thermal) without emitting pollutants and other substances harmful to the environment and humans. From 2005 onwards, a period of RES recovery started in Greece with the main goal of exploiting the country's climate conditions. One of the directions adopted was the installation of photovoltaic systems in residential and tertiary sector buildings, with the main goal of net metering and carbon footprint reduction.

Developments in the field of energy saving did not stop there, because energy saving in buildings has been legislated through Ministerial Decisions. In this way, buildings will reduce their energy consumption as well as greenhouse gas emissions. Through Hybrid Buildings and Zero Consumption Buildings, man can reduce to the maximum the energy requirements for electricity and space heating-cooling.

The purpose of this dissertation is the conversion of the H.M.U. building in Chania into a nearly zero energy consumption building. To implement this, photovoltaic panels will be installed for net metering as well as to provide electricity for electric vehicles charging stations. These installations will reduce energy generation from conventional sources and the carbon footprint of the building. An additional solution for the transition of H.M.U. building nearly into a zero energy consumption building, is the reduction of energy consumption through appropriate interventions in the building shell as well as in the equipment of the building.

As a result of the above, H.M.U. building will be transformed into a more environmental friendly building. It will contain modern technologies and facilities, which will enhance the building comfort and will help users to perform better.

Keywords : nearly zero energy consumption building, net metering, electric vehicles charging stations, energy saving

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας..	8
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	8
1.2 Είδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	9
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	9
1.4 Χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την παραγωγή άλλων πηγών ενέργειας.....	10
Κεφάλαιο 2 : Νομοθετικό πλαίσιο Περιβάλλοντος, ΑΠΕ και Κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας.	12
2.1 : Νομοθεσία για το κλίμα και την κλιματική αλλαγή.	12
2.2 : Νομοθεσία περί Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	14
2.3 : Νομοθεσία Ενεργειακών κτηρίων καθώς και κτηρίων Μηδενικής ή Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης.....	21
2.4 : Νομοθεσία για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.....	22
Κεφάλαιο 3 : Φωτοβολταϊκά.....	23
3.1 Εισαγωγή.....	23
3.2 Ιστορική εξέλιξη.....	23
3.3 Βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και υλικά των φωτοβολταϊκών.....	30
3.3.1 Εισαγωγή.....	30
3.3.2 Θεωρία Ενεργειακού χάσματος (Ενεργειακό Διάκενο).....	30
3.3.3 Αγωγοί, ημιαγωγοί και μονωτές.....	31
3.3.4 Επαφή p-n.....	32
3.3.5 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	33
3.4 Φωτοβολταϊκό στοιχείο.....	34
3.4.1 Εισαγωγή.....	34
3.4.2 Υλικά φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	34
3.4.3 Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα.....	38
3.4.4 Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας I-V φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	39
3.4.5 Εξάρτηση χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας I-V συναρτήσει των περιβαλλοντικών στοιχείων.....	40
3.4.6 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	41
3.5 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....	42

3.5.1	Εισαγωγή.....	42
3.5.2	Τάση και ένταση στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο.	42
3.5.3	Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκού πλαισίου.	44
3.6	Ηλιακή Γεωμετρία.	44
3.6	Εφαρμογές φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.	47
3.7.1	Εισαγωγή.....	47
3.7.2	Σύνδεση με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.....	47
3.7.3	Ενεργειακός συμψηφισμός (Net-metering)	50
3.7.4	Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.	51
3.7.5	Συμπαγωγή ηλεκτρισμού-υδρογόνου.....	56
3.7.6	Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.....	57
3.8	Μελέτη φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.....	59
3.8.1	Εισαγωγή.....	59
3.8.2	Ζητήματα χωροθέτησης και μελέτη εγκατάστασης.	59
3.8.3	Προσανατολισμός και κλίση φ/β πλαισίων.	60
3.8.4	Βάσεις στήριξης φ/β πλαισίων και τρόπος λειτουργίας τους.....	60
3.8.5	Συνδεσμολογία και περιπτώσεις αύξησης της τάσης και έντασης.....	61
3.8.6	Αντιστροφείς.	61
3.8.7	Επιλογή διατομής καλωδίου.....	63
3.8.8	Μπαταρίες.	64
3.8.9	Μελέτη αντικεραυνικής προστασίας.	65
3.8.10	Βλάβες φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	67
3.8.11	Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών πλαισίων.	71

Κεφάλαιο 4 : Κτίρια σχεδόν Μηδενικής και Μηδενικής Κατανάλωσης. 73

4.1	Εισαγωγή.....	73
4.2	Είδη Κτιρίων.	73
4.2.1	Παθητικό Κτήριο.....	73
4.2.2	Υβριδικό Κτήριο.	75
4.2.3	Αυτόνομο Ενεργειακά Κτήριο.	77
4.3	Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	78
4.3.1	Εισαγωγή.....	78
4.3.2	Βασικές αρχές Βιοκλιματικού σχεδιασμού.	79
4.3.3	Χωροθέτηση, Μορφή και Προσανατολισμός Κτιρίου.	80
4.3.4	Θερμομόνωση Κτιρίου.	81
4.3.5	Κουφώματα και υαλοπίνακες.	83

4.3.6 Ηλιοπροστασία και σκίαση.....	84
4.3.7 Φυσικός φωτισμός.....	85
4.3.8 Φυσικός αερισμός και δροσισμός.....	86
4.3.9 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης.....	87
4.3.10 Ενεργειακά Συστήματα και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	89
4.3.11 Παράδειγμα Δημόσιου Βιοκλιματικού Κτιρίου στην Λαμία.....	89

Κεφάλαιο 5 : Μελέτη εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων και επεμβάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας..... 91

5.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην ταράτσα του κτηρίου.....	91
5.1.1 Υπολογισμός ηλιακής γεωμετρίας.....	93
5.1.2 Υπολογισμός και επιλογή αντιστροφών.....	96
5.1.3 Διαστασιολόγηση καλωδίων.....	99
5.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων για την κάλυψη φορτίων ασφαλείας-κρίσιμων φορτίων στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος).....	101
5.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην σκεπή του δωματίου που βρίσκεται εντός της ταράτσας για την χρήση φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων.....	103
5.4 Επεμβάσεις στο ήδη υπάρχον κτίριο με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.....	108
5.4.1 Αλλαγή φωτιστικών πλαισίων.....	108
5.4.2 Τοποθέτηση αντιηλιακών μεμβρανών στους υπάρχον υαλοπίνακες ή αντικατάσταση τους.....	112
5.4.3 Φυσικός αερισμός και αλλαγή συσκευών θέρμανσης-ψύξης.....	117
5.4.4 Μόνωση εξωτερικού -εσωτερικού κελύφους.....	118
5.4.5 Μόνωση ταράτσας - δώματος.....	120
5.5 Οικονομοτεχνική μελέτη.....	121

Συμπεράσματα..... 125

Βιβλιογραφία..... 126

Παραρτήματα..... 129

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

1.1 Ιστορική αναδρομή.

Την τελευταία δεκαετία καθημερινά γίνεται αναφορά σε νέες τεχνολογίες και συσκευές φιλικές προς το περιβάλλον αλλά και οικονομικότερες, με στόχο την εγκατάσταση περισσότερων εφαρμογών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η αρχή των πηγών ενέργειας αυτών έγινε το 1970, έπειτα από τις πετρελαϊκές κρίσεις, όπου έγινε η αρχή για την εκπόνηση μελετών και ερευνών για εναλλακτικές πηγές ενέργεια οι οποίες θα έχουν μεγάλο προσδόκιμο ζωής και θα ανανεώνονται συνεχώς. Στις μέρες μας η περιβαλλοντική συνείδηση του ανθρώπου σε σχέση με την τεχνολογία, έχει θέσει νέες βάσεις ώστε να μην σπαταλούνται υπέρογκα ποσά ενέργειας ανεκμετάλλευτα. Η επιστήμη έχει εφεύρει νέες καινοτομίες οι οποίες βοηθούν το περιβάλλον αλλά καλυτερεύουν και την καθημερινότητα μας. Παραδείγματος χάρη, το νεόκτιστα κτίρια βάση νόμου θα πρέπει να τηρούν κάποιες προϋποθέσεις ώστε να μην σπαταλάται περισσότερη ενέργεια από την απαιτούμενη.

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη της τεχνολογίας σε συνάρτηση με την κλιματική αλλαγή, έχουν ωθήσει τους επιστήμονες να στραφούν σε νέες τεχνολογίες. Οι επιστήμονες, κλήθηκαν να εφεύρουν νέους τρόπους παραγωγής ενέργειας χωρίς να χρειάζεται να πλήττουν το περιβάλλον. Η εξόρυξη των ορυκτών καυσίμων αλλά και των αντλήσεων πετρελαιοειδών με κύριο στόχο την παραγωγή ενέργειας, έδειξαν την τελευταία δεκαετία τις «παρενέργειες» που είχαν στον περιβάλλον, στην ανθρώπινη υγεία αλλά και τον επιχειρηματικό τομέα. Αυτές οι επιπτώσεις είχαν ως αντίκτυπο την μεταστροφή των επιστημόνων σε έρευνες για νέες εναλλακτικές πηγές ενέργειας, τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), ορίζονται οι πηγές ενέργειας οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον, και έχουν συνεχή ρυθμό ανανέωσης. Ένας επιπλέον λόγος της μεταστροφής αυτής, ήταν η υπερκατανάλωση των συμβατικών καυσίμων για την μετακίνηση ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω συμβατικών εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η υπερ-κατανάλωση αυτή, είχε ως αποτέλεσμα την αλόγιστη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 5 °C.

Από το 1990 και μετά, οι χώρες τη Ε.Ε κλήθηκαν να οργανώσουν μια επιτροπή-οργανισμό, με απώτερο σκοπό την δημιουργία ενός θεσμικού πλαισίου για την προστασία του περιβάλλοντος. Η ευρωπαϊκή αυτή επιτροπή διαχειρίζεται περιβαλλοντικά θέματα και θέτει νόμους ώστε να αποτρέψει διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η κλιματική αλλαγή. Τον Απρίλιο του 1997 στο Κιότο, τα κράτη μέλη της ευρωπαϊκής ένωσης υπογράφουν για πρώτη φορά μια συμφωνία, η οποία τα δεσμεύει να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά 8% για την χρονική διάρκεια 2008 – 2012.

Οι μεγάλες επιχειρηματικές δυνάμεις-κράτη δεν δέχτηκαν την συμφωνία καθώς ήξεραν ότι ήταν δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Το 2015 στο Παρίσι, η σύνοδος των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης μαζί με άλλα κράτη, συμφωνούν στην δημιουργία μιας παγκόσμιας ισχυρής διεθνής συμφωνίας για την συγκρότηση ενός ενιαίου νομικού πλαισίου για όλες τις χώρες.

Κατά την συμφωνία αυτή, οι χώρες δεσμεύονται μειώσουν τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα τουλάχιστον κατά 40 % για την χρονική περίοδο 2015 - 2030 σε σχέση με τις ετήσιες τιμές του 2015. Στην ίδια σύνοδο θεσπίστηκε και η συμφωνία της εισχώρησης στην ετήσια παραγωγή ενέργειας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κατά 60 % έως το 2030.

Στόχος της αρμόδια αυτής αρχής είναι ο εκσυγχρονισμός όλων των μηχανών παραγωγής ρεύματος καθώς και ο τρόπος παραγωγής τους, με φιλικό τρόπο προς το περιβάλλον αλλά και προς το γενικό σύνολο των οικοσυστημάτων που κατοικούν στον πλανήτη μας.

1.2 Είδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, είναι πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον και ο ρυθμός ανανέωσης τους είναι συνεχής. Υπάρχουν τέσσερα είδη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, των οποίων η «πρώτη ύλη» είναι εύκολη να βρεθεί κατά μεγάλο ποσοστό και ανανεώνεται συνεχώς. Πρώτο είδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ένα φυσικό και ανεξάντλητο μέσο παραγωγής ενέργειας με χαμηλή έως και μηδαμινή επίπτωση στο περιβάλλον. Η παραγωγή ενέργειας συχνά γίνεται με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ηλιακών συλλεκτών, την χρήση ηλιακών πύργων και την εγκατάσταση κατόπτρων συγκέντρωσης ηλιακού φωτός.

Δεύτερο είδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας είναι η αιολική κινητική ενέργεια. Η αιολική ενέργεια, είναι μια φυσική πηγή ενέργειας, η οποία δεν μπορεί να εγκατασταθεί σε όλες τις γεωγραφικές θέσεις. Λόγω της φύσης της, η αιολική ενέργεια συνήθως συναντάται σε κορυφογραμμές ή σε σημεία όπου το αιολικό δυναμικό είναι μεγάλο. Η παραγωγή ενέργειας κατά κύριο λόγο γίνεται μέσω ανεμογεννητριών είτε παράκτια είτε υπεράκτια. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εγκατάσταση των ανεμογεννητριών, συνήθως φέρει μια μικρή παρέμβαση στο φυσικό περιβάλλον.

Τρίτο είδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας είναι η γεωθερμία. Η γεωθερμία είναι ένας είδος θερμικής ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της Γης και εκπέμπεται προς τα ανώτερα στρώματα. Η απορρόφηση της ενέργειας αυτής είναι σχετικά δύσκολη καθώς το θερμικό δυναμικό δεν είναι το ίδιο σε όλες τις γεωγραφικές θέσεις. Η γεωθερμία πλέον, έχει αναπτυχθεί και όλο και συχνότερα εφαρμόζεται σε μικρές εγκαταστάσεις (π.χ. : κατοικίες) αλλά και σε μεγάλες εγκαταστάσεις για την παραγωγή ενέργειας και την χρήση της για θέρμανση-ψύξη σε κτίρια, όπως έχει σχεδιαστεί μελλοντικά για την ευρύτερη περιοχή της Αλεξανδρούπολης.

Τέταρτο είδος ανανεώσιμης πηγής ενέργειας είναι η υδροηλεκτρική ενέργεια. Είναι η ενέργεια που παράγεται από την κίνηση του νερού μέσω της ρευστοδυναμικής. Η υδροηλεκτρική ενέργεια είναι πιο εύκολη τεχνικά σαν κατασκευή εκμετάλλευσης, αλλά υπάρχουν και εκεί κάποια μειονεκτήματα. Επιπρόσθετα ενέργεια μπορεί να παραχθεί μέσω της διέλευσης του νερού με μεγάλη πίεση από μια τουρμπίνα, είτε από το ρεύμα κίνησης του.

Η εκμετάλλευση της κίνησης του νερού συχνά εντοπίζεται στα υδροηλεκτρικά φράγματα, στην κυματική-παλιρροιακή ενέργεια καθώς και στην ωσμωτική πίεση μεταξύ γλυκού-αλμυρού νερού. Η υδροηλεκτρική ενέργεια συναντάται στις Βόρειες Θάλασσες κυρίως λόγω των έντονων καιρικών φαινομένων που υπάρχουν σε αυτές αλλά και λόγω της έκτασης τους.

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα και αρκετά μειονεκτήματα της παραγωγής και χρήσης των ΑΠΕ. Οι επιστήμονες δεν θα πρέπει να παρουσιάζουν μόνο την μια όψη του νομίσματος λόγω ευελιξίας, αλλά και την άλλη. Τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ είναι τα εξής :

- I. Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- II. Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- III. Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτόρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- IV. Είναι ευέλικτες εφαρμογές, που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τούτου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- V. Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και την συντήρηση και έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής.
- VI. Επιδοτούνται και χρηματοδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.
- VII. Καθημερινά χρησιμοποιούνται σε νέες εφαρμογές της τεχνολογίας και της βιομηχανίας.
- VIII. Είναι οι πιο πολλές μορφές σε αρχικά στάδια ανάπτυξης-μελέτης, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της επιστήμης τους μακροπρόθεσμα αλλά και τις αποδόσεις τους.

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα των ΑΠΕ, που έχουν σημαντικό ρόλο στην επιστήμη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και αυτά είναι τα εξής :

- I. Έχουν ένα αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια της γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- II. Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- III. Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους, αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- IV. Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτωση πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) καθώς και η χρήση νέων τεχνολογιών (π.χ. πομποί υπερήχων για την απομάκρυνση των πουλιών), αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- V. Για τα υδροηλεκτρικά έργα φημολογείται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην αλλοίωση της ποιότητας των υδάτων.
- VI. Σύνηθες φαινόμενο πλέον είναι η μη ορθή αποκατάσταση του περιβάλλοντος τοποθέτησης των ΑΠΕ καθώς και η ανεκπλήρωτη σχεδίαση έργων και μελετών για την αποφυγή φυσικών καταστροφών (π.χ. δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων από την εγκατάσταση Α/Γ λόγω της μεταποίησης του εδάφους για την εγκατάσταση της).

1.4 Χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την παραγωγή άλλων πηγών ενέργειας.

Οι ΑΠΕ συνήθως χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, οι νέες τεχνολογίες καθώς και η μεγαλύτερη ανάγκη ενέργειας από τους ανθρώπους, έχουν προσφέρει στον άνθρωπο νέες τεχνολογίες ώστε να μην μένει ανεκμετάλλευτο τίποτα. Για τον λόγο αυτό, οι επιστήμονες καθημερινά ερευνούν τρόπους ώστε η παραγόμενη ενέργεια να είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον, αλλά και να μην σπαταλάται ανεξέλεγκτα. Συχνά ανακοινώνονται μεγάλα project που έχουν ως κύριο σκοπό την συμπαραγωγή ενέργειας με φιλικό και οικονομικό τρόπο.

Πολλές εταιρίες έχουν καταφύγει στην χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για το χαμηλότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (μέσω ενεργειακού συμψηφισμού ή αυτονομίας) καθώς και για την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματός τους.

Η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ έχει πολλές χρήσεις. Μερικές εκ των οποίων είναι η παραγωγή βιοκαυσίμων, η παραγωγή υδρογόνου είτε παράγηση ενέργειας για την θέρμανση-ψύξη ενός χώρου. Η ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή υδρογόνου και βιοκαυσίμων είναι μεγάλη και σε χαμηλό γνωστικό επίπεδο, για αυτόν το λόγο συνήθως οι εγκαταστάσεις των ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται είναι μεγάλης κλίμακας. Μια μελλοντική τάση των επιστημόνων, είναι η παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η κίνηση τροχοφόρων οχημάτων με την χρήση βιοκαυσίμων¹ ή ηλεκτρικής ενέργειας. Ήδη έχει γίνει η αρχή από πολλές εταιρίες οχημάτων, με την χρήση ηλεκτροκίνητων μηχανών είτε υβριδικών.² Πλέον πολλές εταιρίες, ξεκίνησαν την παραγωγή αυτοκινήτων με την κίνηση υδρογόνου, που όπως αναφέρουν σε λίγα χρόνια θα συμβαδίζει και τεχνολογικά αλλά και χρηματικά με ένα ηλεκτροκίνητο όχημα.

Μια νέα «τάση» τα τελευταία χρόνια που ακούγεται συχνά, είναι η εγκατάσταση ΑΠΕ σε κτίρια ή γήπεδα με στόχο τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό της παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με την καταναλισκόμενη ενέργεια σε μια χρονική περίοδο.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συνήθως, για τον συμψηφισμό μεγάλων ποσών ενέργειας (π.χ. : βιομηχανίες, εκπαιδευτικά ιδρύματα) αλλά και για πιο μικρές εγκαταστάσεις (π.χ. : οικίες). Η μέθοδος αυτή μαζί με την μέθοδο της Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας τείνουν να κάνουν τα κτίρια να καταναλώνουν όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια και παράλληλα να γίνονται παραγωγοί ενέργειας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, θα πρέπει τα κτίρια να συμβαδίζουν τεχνολογικά με την σύγχρονη εποχή. Η εγκατάσταση κατάλληλων υλικών κατά την κατασκευή αλλά και στα τεχνικά μέρη του (π.χ. : ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, κατάλληλη μόνωση κελύφους) μπορούν να επιφέρουν εξοικονόμηση μεγάλων ποσών ενέργειας, ακόμα και 60 % της ενέργειας που θα κατανάλωναν χωρίς αυτά.

Τα κτίρια αυτά ορίζονται ως Κτίρια Μηδενικής Κατανάλωσης (Zero Energy Building) ή σε Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης (Near Zero Energy Building) ανάλογα με το ποσό ενέργειας που παράγουν και καταναλώνουν. Σύμφωνα με τις πρόσφατες οδηγίες της Ε.Ε, από το 2021 και έπειτα όλα τα δημόσια κτίρια θα πρέπει να μελετώνται και να κατασκευάζονται σύμφωνα με τα πρότυπα των ZEB.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια ανασκόπηση της νομοθεσίας του περιβάλλοντος στο δεύτερο κεφάλαιο. Αναλυτικότερα, θα γίνει αναφορά στην νομοθεσία της Ελλάδος για το περιβάλλον, την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών καθώς και για τα Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης. Επιπλέον θα γίνει πλήρης αναφορά στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών στο τρίτο κεφάλαιο καθώς και στον τρόπο εφαρμογής τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα Κτίρια Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης. Αναλυτικότερα θα αναφερθούν οι τρόποι σχεδίασης της κατηγορίας αυτής καθώς και οι τρόποι εκμετάλλευσης ενέργειας με φυσικό τρόπο. Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η μελέτη μετατροπής του κτιρίου σε Κτίριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης, μέσω κατάλληλων επεμβάσεων και τεχνολογιών. Τέλος, ακολουθούν τα πορίσματα της μελέτης καθώς και η βιβλιογραφική της αναφορά.

¹ Το «τεχνητό φύλλο» παράγει με επιτυχία καθαρό αέριο και λειτουργεί ως καύσιμο.

² Φορτηγά με ηλιακά πάνελ.

Κεφάλαιο 2 : Νομοθετικό πλαίσιο Περιβάλλοντος, ΑΠΕ και Κτηρίων Σχεδόν Μηδενικής Ενέργειας.

2.1 : Νομοθεσία για το κλίμα και την κλιματική αλλαγή.

Τα τελευταία χρόνια μέσω διαφόρων Συνθηκών-Νομοθεσιών, έχει γίνει μια ευαισθητοποίηση της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης(E-E) σε σχέση με το κλίμα και το φυσικό περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια λόγω της αύξησης των ρύπων από τις βαριές βιομηχανίες αλλά παράλληλα και την αλλαγή του κλίματος, η E-E έχει δημιουργήσει μια επιτροπή η οποία θα αναλαμβάνει και θα διαχειρίζεται όλα τα περιβαλλοντικά θέματα εντός της E-E. Η επιτροπή αυτή απαρτίζεται από διάφορα μέλη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και έχει ως απώτερο στόχο την δημιουργία ενός ενιαίου Ευρωπαϊκού Κώδικα για το περιβάλλον.

Η αρχή της πολιτικής για το κλίμα στην Ευρώπη ξεκίνησε στις αρχές του 1970, και συγκεκριμένα το 1972 στην Στοκχόλμη³. Αντιπροσωπείες 113 κρατών μελών υπό την αιγίδα του Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών συναντήθηκαν με κύριο στόχο την πραγματοποίηση μίας συνδιάσκεψης για το περιβάλλον, την ανάγκη προστασίας του καθώς και την συνεργασίας για τους σκοπούς αυτούς. Στη Στοκχόλμη τέθηκαν οι βάσεις για την εξέλιξη του διεθνούς δικαίου περιβάλλοντος καθώς και ο συντονισμός προσπαθειών παγκόσμια εμβέλειας με στόχο την προώθηση της αειφορίας αλλά και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Αρχής γενομένης στην Στοκχόλμη, επακολουθεί η Διεθνής Διάσκεψη του Ρίο Ντε Τζανέιρο μετά από μια εικοσαετία έντονης βιομηχανικής ανάπτυξης⁴. Στην Διάσκεψη του Ρίο Ντε Τζανέιρο υπογράφεται από 154 Χώρες και την E-E, η Σύμβαση-Πλαίσιο που είχε κατατεθεί στην Στοκχόλμη για την Κλιματική Αλλαγή. Η σύμβαση πρωτίστως δεν δέσμευε τους υπογράφοντες της νομικά, αλλά έθετε περαιτέρω βάσεις και μελλοντικές συνεργασίες μεταξύ των χωρών. Η Σύμβαση προβλέπει για όλα τα Κράτη, αναγνωρίζοντας κοινές αλλά διαφοροποιημένες υποχρεώσεις και την ύπαρξη εθνικών αναπτυξιακών προτεραιοτήτων, τα εξής:

- 1) Την ανάπτυξη, τακτική ενημέρωση και δημοσιοποίηση εθνικών απογραφών των ανθρωπογενών εκπομπών βάσει συγκρίσιμων μεθοδολογιών.
- 2) Τη δημοσίευση, αναθεώρηση και εφαρμογή εθνικών προγραμμάτων για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.
- 3) Την υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων με στόχο την επαναφορά των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του έτους 1990 μέχρι το 2000 για τα Κράτη που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα I της Σύμβασης (ανεπτυγμένα κράτη). Η σύμβαση δίνει τη δυνατότητα ο στόχος αυτός να επιτευχθεί από κάθε κράτος ξεχωριστά ή από κοινού με άλλα.

Έπειτα από 5 χρόνια συνεχών συνεργασιών και διαβουλεύσεων, το 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας καταθέτεται το Πρωτόκολλο του Κιότο⁵. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Κιότο, τα Κ-Μ της E-E έχουν υποχρέωση να μειώσουν τις εκπομπές των ρύπων του κατά 8% κατά την περίοδο 2008-2012 σε σύγκριση με τις εκπομπές του έτους 1990.

³ Διακήρυξη της Διάσκεψης της Στοκχόλμης έτος 1972. (Wikipedia)

⁴ Διεθνής Διάσκεψη του Ρίο Ντε Τζανέιρο έτος 1992. (Wikipedia)

⁵ Πρωτόκολλο του Κιότο έτος 1997. (Wikipedia)

Το Πρωτόκολλο του Κιότο γίνεται επίσημα το πρώτο διεθνές νομικά δεσμευτικό έγγραφο που χρησιμοποιεί μηχανισμούς της αγοράς για την επίλυση παγκοσμίων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Το πρωτόκολλο προτείνει στα κράτη που θα το εφαρμόσουν τρεις "ευέλικτους μηχανισμούς", οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τον τρόπο λειτουργίας της οικονομίας και με την εφαρμογή τους θα βοηθήσουν στην επίτευξη των στόχων:

- 1) την εμπορία των εκπομπών (emissions trade system)
- 2) τον μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης (clean development mechanism)
- 3) την από κοινού υλοποίηση (joint implementation)

Η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 1998, παράλληλα με τα υπόλοιπα Κ-Μ της Ε-Ε και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Όλα τα Κ-Μ της Ευρωπαϊκής Ένωσης κύρωσαν το Πρωτόκολλο το Μάιο 2002. Η Ελλάδα το κύρωσε με το Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117)⁶. Επιπλέον η Ελλάδα σύμφωνα με την απόφαση αυτή, δεσμεύεται να περιορίσει την αύξηση των εκπομπών της στο +25% για το διάστημα 2008-2012, προκειμένου να συνεισφέρει στο κοινό στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για 8% μείωση των εκπομπών της για το αυτό διάστημα. Για να ανταποκριθεί στη δέσμευσή της αυτή, η χώρα μας εκπόνησε το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου για την περίοδο 2000-2010. Επακολούθησαν μετέπειτα και άλλες συνδιασκέψεις (Χάγη 2001, Βόνη 2002, Γιοχάνεσμπουργκ 2003) για τυχόν τροποποιήσεις και πρόσθετες λεπτομέρειες σε αυτήν καθώς και την επικύρωση της .

Στης 23 Οκτωβρίου του 2014 οι ηγέτες της Ε-Ε ενέκριναν το πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια για το 2030. Οι τέσσερις βασικές παράμετροι-στόχοι που καθορίστηκαν από την αρμόδια επιτροπή είναι :

- I. Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 40% έως το 2030 σε σύγκριση με το 1990 – δεσμευτικό στόχο σε επίπεδο Ένωσης.
- II. Να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές τουλάχιστον το 27% της ενέργειας που θα καταναλώνεται το 2030.
- III. Να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση κατά 27% σε σύγκριση με τις προβολές.
- IV. Να ολοκληρωθεί η εσωτερική αγορά ενέργειας με την επίτευξη ενός ελάχιστου στόχου 10% έως το 2020 όσον αφορά τις υφιστάμενες διασυνδέσεις ηλεκτρικής ενέργειας, τουλάχιστον για τις ενεργειακές νησίδες - ιδίως τα κράτη της Βαλτικής και την Ιβηρική Χερσόνησο.

Το 2015 στο Παρίσι⁷, επιτυγχάνεται η Συμφωνία του Παρισιού και θα τεθεί σε λειτουργία μόνο όταν υπογραφεί από 55 Χώρες-Κράτη-Μέλη των Ηνωμένων Εθνών. Η Συμφωνία του Παρισιού θα είναι ανοικτή προς υπογραφή στη Νέα Υόρκη από τις 22 Απριλίου 2016 και για ένα έτος(Ημερομηνία έναρξης : 4/11/2016). Ως συμφωνηθέντα ορίστηκαν οι παρακάτω δράσεις :

⁶ Νόμος 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117).

⁷ Συμφωνία του Παρισιού έτος 2015. (Wikipedia)

- 1) Να συμβάλει στη δημιουργία ενός κοινού νομικού πλαισίου που θα ισχύει σε όλες τις χώρες.
- 2) Να περιλάβει σαφείς, δίκαιους και φιλόδοξους στόχους για όλες τις χώρες με βάση τις, παγκόσμια εξελισσόμενες, οικονομικές και εθνικές περιστάσεις.
- 3) Να αναθεωρεί τακτικά βάσει της ανάγκης για διαρκή επικαιροποίηση των επιστημονικών δεδομένων αναφορικά με την επίτευξη του στόχου των 2 βαθμών Κελσίου.
- 4) Να καταστήσει όλες τις χώρες υπόλογες – τη μια για την άλλη και όλες για το κοινό - για την εφαρμογή των συμφωνηθέντων.
- 5) Στις προηγούμενες διασκέψεις κλιματικής αλλαγής στη Βαρσοβία και Λίμα, συμφωνήθηκε ότι όλες οι χώρες οφείλουν να διατυπώσουν εθνικές προτάσεις για τους στόχους μείωσης των εκπομπών ώστε να γίνει δυνατή μια συγκρίσιμη ανάλυση προετοιμασίας για τη συμφωνία του 2015.

Στις 3-14 Δεκεμβρίου του 2018 στο Κατοβίτσε της Πολωνίας⁸, πραγματοποιείται συνάντηση για την κλιματική αλλαγή. Όλα τα Κ-Μ καθώς και η Ελλάδα, συνεργάζονται στενά με όλους τους διεθνείς εταίρους για την τελική τροποποίηση καθώς και την λήψη αποφάσεων για την ολοκλήρωση της Συμφωνίας του Παρισιού. Η Ελλάδα κύρωσε στις 30/5/2002 και κατέθεσε στις 31/5/2002, μαζί με τα άλλα Κ-Μ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στα Αρμόδια Όργανα και στην Γενική Γραμματεία Εθνών, υπογεγραμμένο το Πρωτόκολλο του Κιότο για τις Κλιματικές Αλλαγές, που επιβάλλει την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την χρονική περίοδο 2000-2010. Από το 1994 στην Ελλάδα το Υπουργείο Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, έχει διαμορφώσει σε κοινή συναίνεση μαζί με τα συναρμόδια Υπουργεία, ένα Εθνικό Σχέδιο Δράσης.

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης είναι υπεύθυνο για την παρακολούθηση και οριοθέτηση των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα καθώς και άλλων εκπομπών αερίων που συνεισφέρουν στην επιτάχυνση της κλιματικής αλλαγής, σύμφωνα με τις δεσμεύσεις που έχει αναλάβει η χώρα μας στα πλαίσια του καταμερισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Καθώς τίθενται σε ισχύ τα παραπάνω, αρχίζει μια ραγδαία αύξηση των τεχνολογιών των ΑΠΕ. Λόγω των παρεμβάσεων που θα υποστεί η φύση και το περιβάλλον, δημιουργήθηκαν κάποιες νομοθεσίες για την προστασία του από την Ε-Ε καθώς και από το Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος .

2.2 : Νομοθεσία περί Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

Η Ελλάδα ως πηγή καθαρής ενέργειας για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, επέλεξε την ανάπτυξη και χρήση των ΑΠΕ. Λόγο των κλιματικών συνθηκών αλλά και του φυσικού κάλους της χώρας, η εγκατάσταση των ΑΠΕ ευδοκίμει με το πέρασμα του χρόνου, καταργώντας της συμβατικές πρακτικές παραγωγής ενέργειας. Πριν δέκα έτη, κύρια πηγή παραγωγής ενέργειας ήταν η καύση λιγνίτη. Έπειτα, προστέθηκαν μονάδες εξοπλισμένες με θερμοηλεκτρικούς σταθμούς για την παραγωγή ενέργειας μέσω της καύσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Τα τελευταία πέντε έτη μπήκαν δειλά-δειλά και οι ΑΠΕ στο παιχνίδι της παραγωγής ενέργειας ξεκινώντας την ραγδαία αύξηση τους.

⁸ Συνάντηση Κατοβίτσε Πολωνίας έτος 2018. (Wikipedia)

Εν έτη 2020, η Ελλάδα μέσω αναπτυξιακών προγραμμάτων και χρηματοδοτήσεων από το Ευρωπαϊκό Ταμείο, ωθεί την ηλεκτροπαραγωγή μέσω θερμοηλεκτρικών σταθμών φυσικού αερίου(λόγο των χαμηλών εκπεμπόμενων ρύπων) καθώς και την παραγωγή μέσω ΑΠΕ. Ως κύριος στόχος έχει οριστεί η απολιγνητοποίηση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έως τα τέλη του 2021. Συνεπώς η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα μειωθεί και θα συμβάλει αυτή η αλλαγή τάχιστα στην επίτευξη των στόχων έως το 2030.

Παρακάτω γίνεται αναφορά στην ισχύουσα νομοθεσία για την εγκατάσταση Φ/Β σε περιοχές εντός και εκτός σχεδίου πόλεως, αλλά και για την εγκατάσταση τους σε κτηριακές εγκαταστάσεις, ταράτσες και δώματα.

Η ισχύουσα νομοθεσία για την εγκατάσταση Φ/Β εκτός σχεδίου πόλεως σύμφωνα την Υπουργική Απόφαση Αριθμ. 40158/25-08-2010 (ΦΕΚ 1556 Β – 22/10/2010) καθώς και την τροποποίηση της με τίτλο «Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια»(Υ.Α. 9154 ΦΕΚ 583 Β 14.04.2011), νομοθετεί ότι :

- 1) Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι η απόδειξη της κυριότητας ή της νόμιμης κατοχής του γηπέδου για την εγκατάστασή τους.
- 2) Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% της επιφάνειας του γηπέδου. Ως κάλυψη, νοείται η προβολή στο οριζόντιο επίπεδο του συνόλου των εγκαταστάσεων του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού, ενώ δεν συνυπολογίζονται στην κάλυψη τα κενά μεταξύ των φωτοβολταϊκών συστοιχιών.
- 3) Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε γήπεδα μη άρτια και μη οικοδομήσιμα, οι δομικές κατασκευές για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν μπορεί να υπερβαίνουν τις απολύτως αναγκαίες. Ως απολύτως αναγκαίες κατασκευές νοούνται:
 - a) Στυλίσκος ΔΕΗ.
 - b) Οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού ανά 500 kW εγκατεστημένης ισχύος προκατασκευασμένος και με απολύτως αναγκαίες διαστάσεις μέχρι 15 τ.μ. και συνολικού ύψους μέχρι τα 2,5 μ. με την δυνατότητα προσαύξησης του ύψους αυτού μέχρι 20% στην περίπτωση εγκατάστασης εργοστασιακών πεδίων διανομής των αντιστροφών-μετασχηματιστών.
 - c) περίφραξη με συρματόπλεγμα στα όρια της ιδιοκτησίας μέχρι 2,5 μ. με συμπαγές τοιχίο ύψους έως 30 εκ. για την προστασία της εγκατάστασης.
- 4) Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και τυχόν οικίσκος που χρησιμοποιείται για τη στέγαση του ηλεκτρονικού εξοπλισμού των συστημάτων αυτών πρέπει να απέχει από τα όρια των γηπέδων:
 - a) απόσταση ίση με 2,5 μ., όταν το μέγιστο ύψος του εξοπλισμού από τη στάθμη του φυσικά ή τεχνητά διαμορφωμένου εδάφους των γηπέδων είναι μέχρι και 2,5μ.
 - b) απόσταση ίση με 5 μ., όταν το μέγιστο ύψος του εξοπλισμού υπερβαίνει τα 2,5μ.
- 5) Ο υπολογισμός της ελάχιστης απόστασης βασίζεται στην προβολή επί του οριζοντίου επιπέδου του συνόλου των εγκαταστάσεων του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού για όλες τις πιθανές θέσεις που αυτός λαμβάνει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

- 6) Οι αναγκαίες κατασκευές που συνοδεύουν – απαιτούνται για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι:
- a) Στυλίσκος ΔΕΗ.
 - b) Οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού ανά 500 kW εγκατεστημένης ισχύος προκατασκευασμένος και με απολύτως αναγκαίες διαστάσεις μέχρι 15 τ.μ. και συνολικού ύψους μέχρι και 2,5 μ. με τη δυνατότητα προσαύξησης του ύψους αυτού μέχρι 20% στην περίπτωση εγκατάστασης εργοστασιακών πεδίων διανομής των αντιστροφών – μετασχηματιστών.
 - c) Περιφράξη με συρματοπλεγμα στα όρια της ιδιοκτησίας μέχρι 2,5 μ. με συμπαγές τοιχίο ύψους έως 30 εκ. για την προστασία της εγκατάστασης.
- 7) Δεν απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης οικοδομικής άδειας εργασίες από σκυρόδεμα που συνοδεύουν τις παραπάνω κατασκευές, όπως θεμελιώσεις των βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων.
- 8) Για εργασίες όπως η θεμελίωση των βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων με πασαλόμπηξη, με γεώβιδες, με χρήση βαρυτικών βάσεων, ακόμα και όταν μέρος τους (μέχρι 50%) τοποθετείται κάτω από τη φυσική στάθμη του εδάφους, καθώς και πάσης φύσεως οικίσκοι που εδράζονται βαρυτικά στο έδαφος και που ως αποκλειστικό σκοπό έχουν την προφύλαξη του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του σταθμού, δεν απαιτείται έκδοση οικοδομικής άδειας.
- 9) Για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε κτίρια για ισχύ μεγαλύτερη των 100kW, απαιτείται η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας σύμφωνα με τις διατάξεις της υπ' αριθ. οικ.5219/3.2.2004 (ΦΕΚ Δ' 114/17.2.2004)⁹ υπουργικής απόφασης, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, και απαιτείται η συνυποβολή δήλωσης στατικής επάρκειας του κτιρίου πάνω στο οποίο θα γίνει η εγκατάσταση, υπογεγραμμένη από διπλωματούχο πολιτικό μηχανικό.
- 10) Τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα ηλιακά συστήματα ψύξης και θέρμανσης χώρου θα πρέπει να αποτελούν ενιαίο σύνολο με τις υπόλοιπες κατασκευές βάσει του άρθρου 16 του ν. 1577/1985¹⁰, όπου αυτό εφαρμόζεται και ισχύει, εφόσον υπάρχουν, έτσι ώστε να μην προσβάλλεται η αισθητική του κτιρίου και του περιβάλλοντος.
- 11) Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων ανεξαρτήτως ισχύος και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου πάνω σε κτίρια, όπως αυτά ορίζονται στο άρθρο 2 παρ. 17 του ν. 1577/1985, επιτρέπεται εφόσον γίνεται επάνω στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφιστάμενου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, όπως αυτά ορίζονται στη διάταξη της παραγράφου 6 του άρθρου 11 του ν.1577/85, όπως ισχύει, σύμφωνα με την παρ. 1α' του άρθρου 16 του ίδιου νόμου, όπου αυτό εφαρμόζεται και ισχύει.

Το 2010 μέσω Υπουργικής Απόφασης, νομοθετείτε η εγκατάσταση Φ/Β σε δώματα και στέγες κτηρίων εντός σχεδίου πόλεως σύμφωνα με την Υπουργική Απόφαση «Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών, και σε οικισμούς.»(Απ. Αρ. 36720 ΦΕΚ 376 ΑΑΠ 06.09.2010) καθώς και με τις

⁹ ΦΕΚ Δ' 114/17.2.2004.

¹⁰ Νόμος 1577/85.

τροποποιήσεις του «Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις.»(Α.Υ./Φ1/οικ.18513 ΦΕΚ 1557 Β 22.09.2010) και «Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων»(Υ.Α.Π.Ε. /Φ1/οικ.2266 (ΦΕΚ Β'97)) καθώς και των «Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.» (ΦΕΚ Β' 2317) , «Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων.»(Υ.Α.Π.Ε./Φ1/1289/9012 (ΦΕΚ Β'/1103)) νομοθετείται και ισχύει έως και σήμερα :

- 1) Η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων ανεξαρτήτως ισχύος και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου πάνω σε κτίρια, όπως αυτά ορίζονται στο άρθρο 2 παρ. 17 του ν.1577/1985, επιτρέπεται εφόσον γίνεται επάνω στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφιστάμενου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, όπως αυτά ορίζονται στη διάταξη της παραγράφου 6 του άρθρου 11 του ν.1577/85, όπως ισχύει, σύμφωνα με την παρ. 1α' του άρθρου 16 του ίδιου νόμου, όπου αυτό εφαρμόζεται και ισχύει.
Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων επί των δωματίων των κτιρίων επιτρέπεται εφόσον δεν αντίκειται σε ειδικότερους όρους δόμησης που ισχύουν για την περιοχή.
- 2) Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου και του φρεατίου ανελκυστήρα.
- 3) Η διάταξη των φωτοβολταϊκών στοιχείων και των ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου δεν θα πρέπει να δημιουργεί χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης ή ημιυπαίθριο χώρο ή να εμποδίζει την απρόσκοπτη προσπέλαση σε κοινόχρηστους χώρους. Σε περίπτωση ορόφου σε υποχώρηση, οι εγκαταστάσεις αυτές θα περιορίζονται στο περίγραμμα του ορόφου. Σε περίπτωση τοποθέτησης σε στέγη, αυτή θα πρέπει να γίνεται εντός του όγκου της στέγης, ακολουθώντας την κλίση της, ώστε να εξασφαλίζεται η αισθητική εικόνα του κτιρίου.
- 4) Τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα ηλιακά συστήματα ψύξης και θέρμανσης χώρου θα πρέπει να αποτελούν ενιαίο σύνολο με τις υπόλοιπες κατασκευές βάσει του άρθρου 16 του ν.1577/1985, όπου αυτό εφαρμόζεται και ισχύει, εφόσον υπάρχουν, έτσι ώστε να μην προσβάλλεται η αισθητική του κτιρίου και του περιβάλλοντος.
- 5) Αν τα φωτοβολταϊκά συστήματα και τα ηλιακά συστήματα ψύξης και θέρμανσης χώρου τοποθετούνται στο δώμα του κτιρίου, οι αποστάσεις από το στηθαίο του δωματίου θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο 0,50 μ. για λόγους ασφαλείας.
- 6) Το επιτρεπόμενο ύψος της Φ/Β εγκατάστασης από το κατώτερο σημείο του εδάφους υπολογίζεται βάση του συντελεστή δόμησης τετραγώνου και συνήθως οριοθετείται μέχρι τα 2,5 m ύψος.

Το 2014 στην Ελλάδα νομοθετείται για πρώτη φορά ο ενεργειακός συμψηφισμός μεταξύ καταναλωτή και πωλητή. Ως ενεργειακός συμψηφισμός, ορίζεται ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το φωτοβολταϊκό σταθμό ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε τριετή βάση. Σύμφωνα με τις Υπουργικές Αποφάσεις με τίτλο «Εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας κατ' εφαρμογή του άρθρου 14Α του Ν. 3468/2006.»(ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ. 24461/30.12.2014 (ΦΕΚ Β'

3583)) καθώς και των πρόσθετων Υπουργικών Αποφάσεων με τίτλους «Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν.3468/2006, όπως ισχύει.»(ΥΑ ΑΠΕΗ/Α/Φ1/ οικ.175067/19.04.2017 (ΦΕΚ Β' 1547)) και «Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 11 του ν. 4513/2018.»(ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 (ΦΕΚ Β' 759)), νομοθετείτε και ισχύει έως και σήμερα :

- 1) Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη. Αφορά σε φωτοβολταϊκό σταθμό ο οποίος εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο Δίκτυο μέσω της αυτής παροχής.
- 2) Ειδικά για αυτοπαραγωγούς που είναι νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημοσίου ενδιαφέροντος σκοπούς γενικής ή τοπικής εμβέλειας, για εγγεγραμμένους στο Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων του Ν.3874/2010 (Α' 151) για εγκαταστάσεις αγροτικών εκμεταλλεύσεων όπως ορίζονται στο Ν.3874/2010 ή και αγροτικών χρήσεων, καθώς και για ενεργειακές κοινότητες (Ε.Κοιν.), επιτρέπεται, με βάση τους Ν.4414/2016 και Ν.4513/2018, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών για την κάλυψη ιδίων αναγκών τους και με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού.
- 3) Με το άρθρο 11 του Ν.4685/2020, επήλθε μία σημαντική αλλαγή, αφού καταργήθηκε η Άδεια Παραγωγής και αντικαταστάθηκε με τη Βεβαίωση Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ.

Σημαντική επισήμανση: Δεν απαιτείται Βεβαίωση Παραγωγού για όσα έργα εξαιρούνταν και από την Άδεια Παραγωγής (δηλαδή στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών για έργα ισχύος ≤ 1 MWp).

- 4) Δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένους υποδοχείς βιομηχανικών δραστηριοτήτων.
- 5) Για συστήματα που εγκαθίστανται σε γήπεδα (οικόπεδα και αγροτεμάχια), δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα έως 1 MWp εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις (άρθρο 126, Ν.4685/2020).

Για τα συστήματα αυτά, απαιτείται ειδική περιβαλλοντική εξαίρεση ("βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ") από την αρμόδια Περιφέρεια, η οποία, σύμφωνα με το νόμο, δίνεται σε 20 μέρες από την υποβολή της σχετικής αίτησης.

- 6) Με το άρθρο 10, ορίζεται ότι επιτρέπεται υπέρβαση της Μέγιστης Ισχύος Παραγωγής μέχρι ποσοστού 5%, εφόσον η υπέρβαση αυτή εμφανίζεται σε μικρή συχνότητα, σύμφωνα με τα οριζόμενα κατά περίπτωση στον Κανονισμό Βεβαιώσεων. Για τον έλεγχο της υπέρβασης, ως μέγιστη τιμή ισχύος θεωρείται η μέση τιμή ισχύος των μετρήσεων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια χρονικού διαστήματος δεκαπέντε (15) λεπτών.
- 7) Στην περίπτωση που οι εγκαταστάσεις του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού υπερβαίνουν τα 2,5 μ. από τη στάθμη του φυσικού ή τεχνητά διαμορφωμένου εδάφους των γηπέδων, οι βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να είναι πιστοποιημένες ως προς την αντοχή τους σε ακραίες ανεμοπιέσεις από ανεξάρτητο διαπιστευμένο φορέα, σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα ή το πρότυπο DIN ή άλλο αντίστοιχο Εθνικό Πρότυπο ή, εναλλακτικά, να υπάρχει για αυτές

δήλωση στατικής επάρκειας από διπλωματούχο μηχανικό, και τα στοιχεία συνυποβάλλονται με τα δικαιολογητικά για την έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας. Επιπλέον, συνυποβάλλεται υπεύθυνη δήλωση του ενδιαφερόμενου ότι ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο συγκεκριμένος πιστοποιημένος εξοπλισμός.

- 8) Προβλέπεται η εφάπαξ καταβολή Τέλους Έκδοσης Βεβαίωσης. Ο Φορέας Αδειοδότησης εκδίδει τη Βεβαίωση, εφόσον προσκομισθεί από τον αιτούντα αποδεικτικό καταβολής του Τέλους Έκδοσης Βεβαίωσης Παραγωγού Η.Ε. από ΑΠΕ υπέρ του Υπολογαριασμού Ενισχύσεων του Ειδικού Λογαριασμού Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. Διασυνδεδεμένου Συστήματος και Δικτύου.
- 9) Για τη χορήγηση αρχικής Βεβαίωσης, το ύψος του τέλους ορίζεται ανά μονάδα ονομαστικής μέγιστης ισχύος παραγωγής της αίτησης σε μεγαβάτ (MW) ως εξής:
- α) τρεις χιλιάδες ευρώ ανά μεγαβάτ (3000 ευρώ/MW) για το τμήμα της ισχύος έως και ένα μεγαβάτ (1MW).
- β) δύο χιλιάδες πεντακόσια ευρώ ανά μεγαβάτ (2500 ευρώ/MW) για το τμήμα της ισχύος από ένα έως και δέκα μεγαβάτ (1 έως και 10 MW).
- γ) δύο χιλιάδες ευρώ ανά μεγαβάτ (2000 ευρώ/MW) για το τμήμα της ισχύος από δέκα έως και 5 πενήντα μεγαβάτ (10 έως και 50MW).
- δ) χίλια πεντακόσια ευρώ ανά μεγαβάτ (1500 ευρώ/MW) για το τμήμα της ισχύος από πενήντα έως και εκατό μεγαβάτ (50 έως και 100 MW).
- ε) χίλια ευρώ ανά μεγαβάτ (1000 ευρώ/MW) για το τμήμα της ισχύος πάνω από εκατό μεγαβάτ (100 MW)
- 10) Σε εντός σχεδίου περιοχές και εντός οικισμών, δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε αδόμητα οικόπεδα, καθώς αυτές αποτελούν κατασκευές που χρησιμοποιούνται για την άμεση ή έμμεση εξυπηρέτηση των κτιρίων ή της λειτουργικότητάς τους και επιπλέον εντάσσονται στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής ως ενεργητικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, σύμφωνα με το άρθρο 2 παρ. 19 και 44 του ν. 1577/1985 "Περί Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού" (ΦΕΚ Α' 210), όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει.
- 11) Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ηπειρωτική χώρα και διασυνδεδεμένα με αυτήν νησιά) :
- a) Η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 κιλοβάτ (kWp) ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 20 kWp.
- b) Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, και Ενεργειακές Κοινότητες, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων.
- c) Σε κάθε περίπτωση η μέγιστη ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί δεν μπορεί να υπερβαίνει το όριο του 1 MWp.
- 12) Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ) :

- a) Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, η ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να ανέρχεται μέχρι 10 kWp και ειδικά στην Κρήτη μέχρι 20 kWp ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 10 kWp ή για την Κρήτη τα 20 kWp.
- b) Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης, νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, και Ενεργειακές Κοινότητες, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων.
- c) Σε κάθε περίπτωση, η ισχύς των σταθμών παραγωγής που εγκαθίστανται σε κάθε ηλεκτρικό σύστημα των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, θα προσμετράται στο εκάστοτε ισχύον περιθώριο ισχύος ανά τεχνολογία σταθμών παραγωγής του συστήματος αυτού, σύμφωνα με τις σχετικές αποφάσεις της ΡΑΕ.

Οι βασικοί όροι και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων αυτό-παραγωγής με ενεργειακό συμψηφισμό, έχουν ως ακολούθως:

1. Η ύπαρξη ενεργού μόνιμης παροχής ρεύματος στο όνομα του αυτοπαραγωγού μέσω της οποίας τροφοδοτείται η εγκατάσταση κατανάλωσής του.
2. Το φωτοβολταϊκό σύστημα αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με έναν μετρητή κατανάλωσης, δηλαδή με τον μετρητή της εγκατάστασης κατανάλωσης την οποία τροφοδοτεί.
3. Το φωτοβολταϊκό σύστημα εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης προς την οποία αντιστοιχίζεται (δεν είναι επιτρεπτός ο συμψηφισμός με καταναλώσεις του ίδιου φυσικού ή νομικού προσώπου σε άλλες θέσεις εγκατάστασης, με εξαίρεση τις κατηγορίες αυτοπαραγωγών για τους οποίους ισχύει ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός).
4. Ο ενδιαφερόμενος έχει τη νόμιμη χρήση του χώρου εγκατάστασης του συστήματος.
5. Ο ενδιαφερόμενος έχει εξοφλήσει πλήρως τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας του οικείου Προμηθευτή (ή έχει ενταχθεί σε καθεστώς ρύθμισης οφειλών).
6. Η παροχή του αυτοπαραγωγού δεν έχει ενταχθεί στο Περιβαλλοντικό Οικιακό Τιμολόγιο (ΥΑ υπ' αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΠΡΓ/26359/4101 . ΦΕΚ Β' 1936/30.5.2018)¹¹. Σε περίπτωση που ο ενδιαφερόμενος είναι δικαιούχος του τιμολογίου αυτού, απεντάσσεται αυτοδικαίως από αυτό, με την ενεργοποίηση του σταθμού παραγωγής.

Αντιστοίχως, οι βασικοί όροι και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων αυτοπαραγωγής με εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό, έχουν ως ακολούθως:

¹¹ (ΥΑ υπ' αριθμ. ΥΠΕΝ/ΥΠΡΓ/26359/4101 . ΦΕΚ Β' 1936/30.5.2018).

1. Η ύπαρξη ενεργού μόνιμης παροχής κατανάλωσης στο όνομα του αυτό-παραγωγού (τουλάχιστον μία παροχή).
2. Όλες οι προς συμψηφισμό παροχές κατανάλωσης καθώς και η παροχή του φωτοβολταϊκού σταθμού πρέπει:
 - α) να είναι στο όνομα του αυτοπαραγωγού.
 - β) να εκπροσωπούνται από τον ίδιο Προμηθευτή.
 - γ) να βρίσκονται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα και επιπλέον για τα ΜΔΝ να ανήκουν στο ίδιο ηλεκτρικό σύστημα.
 - δ) να μην υπεισέρχονται στη διενέργεια έτερου συμψηφισμού.
 - ε) ειδικά για τους εγγεγραμμένους στο Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων του Ν.3874/2010, όλες οι προς συμψηφισμό καταναλώσεις να αφορούν αγροτικές εκμεταλλεύσεις, δηλαδή εγκαταστάσεις αποκλειστικά αγροτικών χρήσεων σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.

2.3 : Νομοθεσία Ενεργειακών κτηρίων καθώς και κτηρίων Μηδενικής ή Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης.

Για τα Δημοσία Κτίρια ισχύει η ίδια νομοθεσία με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε δώματα και σκεπές. Στα Δημόσια Κτίρια ανάλογα με το εκάστοτε χρηματοδοτικό πρόγραμμα ή πρόγραμμα ΕΣΠΑ, υπάρχει και μια επιπρόσθετη νομοθεσία σύμφωνα με τις εκάστοτε ρυθμιστικές νομοθεσίες της Ε.Ε. Ένα καινούργιο χρηματοδοτικό πρόγραμμα που θα τεθεί σε ισχύ σύντομα είναι το «ΗΛΕΚΤΡΑ»¹², και θα έχει ως κύριο σκοπό την μετατροπή-σχεδίαση των ήδη υπάρχων δημοσίων κτηρίων σε φιλικότερα προς το περιβάλλον άλλα και σε πιο αποδοτικά με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Το χρηματοδοτικό πρόγραμμα αυτό υποχρεώνει τους δικαιούχους να αλλάξουν τον φωτισμό του κτηρίου, να τοποθετήσουν ΑΠΕ στον υποκείμενο χώρο του κτηρίου (στέγες, δώματα ή γήπεδα), την αλλαγή ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (π.χ. η αντικατάσταση αντλιών θερμότητας κλπ.) καθώς και οι επεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου.

Τα εθνικά πρότυπα ορίζουν ότι η κατασκευή ή ο σχεδιασμός οποιασδήποτε κτηριακής ιδιωτικής εγκατάστασης μετά την 31/12/2020 θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τα κριτήρια των κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης . Το ίδιο ισχύει και για τα δημόσια κτίρια αλλά από την 31/12/18 σύμφωνα με τον Νόμο 4122/2013¹³.

Επιπλέον, οι κτηριακές εγκαταστάσεις μετά το 1980 υποχρεούνται να έχουν θερμομόνωση σύμφωνα με το ΦΕΚ 362Δ/1979¹⁴. Επίσης σύμφωνα με τον Νόμο 3661¹⁵, κάθε κτήριο θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από μια ενεργειακή ταυτότητα η οποία θα κατατάσσει το κτήριο σε μια ενεργειακή βαθμίδα ανάλογα με την κατανάλωση της. Στα σύγχρονα κτίρια έπειτα από τροποποιήσεις των εκάστοτε νομοθεσιών, ένα κτήριο μπορεί να τοποθετήσει ΑΠΕ για τον συμψηφισμό της καταναλωμένης ενέργειας αλλά και την χρήση ενεργειακών κουφωμάτων καθώς και Η/Μ εγκαταστάσεων με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.

¹² Πρόγραμμα χρηματοδότησης «ΗΛΕΚΤΡΑ» για την Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημοσίων Κτιρίων.

¹³ Νόμος 4122/2013.

¹⁴ ΦΕΚ 362Δ/1979.

¹⁵ Νόμος 3661.

2.4 : Νομοθεσία για την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων

Στην Ελλάδα πρόσφατα ψηφίστηκε το σχέδιο δράσης για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης. Καθώς η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε κανονισμούς για την ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, όλα τα Κράτη-Μέλη θα έπρεπε να συμμορφωθούν με αυτούς. Η ισχύουσα νομοθεσία για την εγκατάσταση φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων σύμφωνα με το ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 4439 « Ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία της Οδηγίας 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, απλοποίηση διαδικασίας αδειοδότησης και άλλες διατάξεις πρατηρίων παροχής καυσίμων και ενέργειας και λοιπές διατάξεις.» ισχύει (Τεχνικές προδιαγραφές για τα σημεία επαναφόρτισης) :

- 1.1 Σημεία επαναφόρτισης κανονικής ισχύος για μηχανοκίνητα οχήματα. Τα σημεία επαναφόρτισης κανονικής ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) για ηλεκτρικά οχήματα είναι εξοπλισμένα, για σκοπούς διαλειτουργικότητας, τουλάχιστον με ρευματοδότες ή συνδετήρες οχημάτων τύπου 2, όπως περιγράφονται στο πρότυπο EN62196-2, το οποίο εμπίπτει στην Οδηγία 2014/35/ΕΕ που ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία με την υπ' αριθ. Οικ. 51157/ΔΤΒΝ 1129/17-5-2016 κοινή υπουργική απόφαση (Β' 1425). Διατηρώντας παράλληλα τη συμβατότητα τύπου 2, οι εν λόγω ρευματοδότες θα πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με χαρακτηριστικά όπως τα κλείστρα ασφαλείας (προστασία επαφών).
- 1.2 Σημεία επαναφόρτισης υψηλής ισχύος για μηχανοκίνητα οχήματα. Τα σημεία επαναφόρτισης υψηλής ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) για ηλεκτρικά οχήματα είναι εξοπλισμένα, για σκοπούς διαλειτουργικότητας, τουλάχιστον με συνδετήρες τύπου 2, όπως περιγράφονται στο πρότυπο EN62196-2, το οποίο εμπίπτει στην Οδηγία 2014/35/ΕΕ που ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία με την υπ' αριθ. Οικ. 51157/ΔΤΒΝ 1129/17-5-2016 κοινή υπουργική απόφαση (Β' 1425). Τα σημεία επαναφόρτισης υψηλής ισχύος συνεχούς ρεύματος (DC) για ηλεκτρικά οχήματα είναι εξοπλισμένα, για σκοπούς διαλειτουργικότητας, τουλάχιστον με σύστημα φόρτισης «Combo 2» με συνδυασμό, όπως περιγράφονται στο αντίστοιχο πρότυπο EN62196-3. 9640 ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ Τεύχος Α' 222/30.11.2016
- 1.3 Σημεία ασύρματης επαναφόρτισης μηχανοκίνητων οχημάτων.
- 1.4 Αλλαγή συσσωρευτών μηχανοκίνητων οχημάτων.
- 1.5 Σημεία επαναφόρτισης μηχανοκίνητων οχημάτων κατηγορίας - L (μοτοποδήλατα, μοτοσικλέτες, τρίκυκλα και ελαφρά τετράκυκλα οχήματα).
- 1.6 Σημεία επαναφόρτισης ηλεκτρικών λεωφορείων.
- 1.7 Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από ξηράς σε πλοία θαλάσσιας ναυσιπλοΐας, συμπεριλαμβανομένων του σχεδιασμού, της εγκατάστασης και της δοκιμής των συστημάτων, συμμορφώνεται προς τις τεχνικές προδιαγραφές του προτύπου JEC/ISO/IEEE 80005-1.
- 1.8 Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από ξηράς σε πλωτά μέσα (πλοία, σκάφη κ.α.) εσωτερικής ναυσιπλοΐας.

Στο τέλος της παρούσας εργασίας θα παρατίθενται όλα τα νομοθετικά έγγραφα που προαναφέρθηκαν παραπάνω σε έντυπη μορφή.

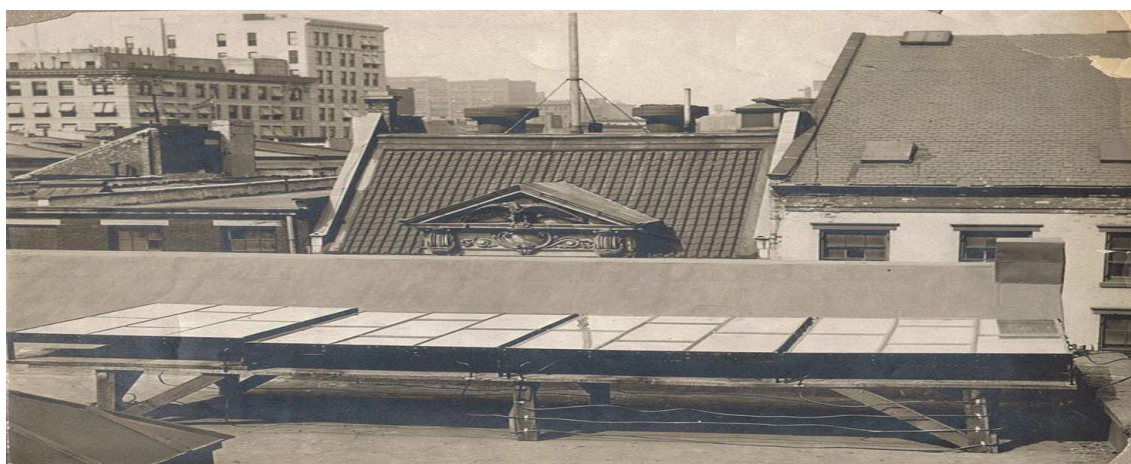
Κεφάλαιο 3 : Φωτοβολταϊκά

3.1 Εισαγωγή.

Στην σύγχρονη εποχή, λόγω των τεραστίων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου που εκπέμπονται ως και η ραγδαία μεταβολή των καιρικών φαινομένων λόγω της κλιματικής αλλαγής, η επιστημονική κοινότητα μέσω διαφόρων καινοτομιών προσπαθεί να δημιουργήσει μια κατεύθυνση ώστε να αποτραπεί ή καλύτερα να παραταθεί η κλιματική αλλαγή. Τα φωτοβολταϊκά είναι μια κατεύθυνση στην οποία οι επιστήμονες καθημερινά αναπτύσσουν και προσπαθούν να δημιουργήσουν υλικά φιλικά προς το περιβάλλον για αυτά. Τα τελευταία χρόνια σε αυτόν το κλάδο της επιστήμης, υπάρχει μια ραγδαία ανάπτυξη και πρακτικά αλλά και επιστημονικά, καθώς τα φωτοβολταϊκά είναι μια πηγή παραγωγής ενέργειας που έχει σχεδόν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Έτσι, αυτά οδηγούνται στην κατηγορία των πηγών ενέργειας που είναι φιλικές προς το περιβάλλον αλλά και λόγω την εντυπωσιακής ανάπτυξης της τεχνολογίας τους είναι η πιο καλή επιλογή συναρτήσει της παραγωγής ενέργειας σε σχέση με το κόστος. Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών δεν απαιτεί παρέμβαση μεγάλη κλίμακας στο φυσικό τοπίο και περιβάλλον, καθώς οι βάσεις μπορούν να τοποθετηθούν σχεδόν σε όλες τις μορφολογίες εδαφών.

3.2 Ιστορική εξέλιξη.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Φυσικό επιστήμονα Edmund Becquerel, καθώς πειραματιζόταν με ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγωγίμο υγρό. Η ροή αυξανόταν με την έκθεση στον ήλιο. Ο ίδιος διαπίστωσε ότι όταν οι πλάκες χρυσού ή πλατίνας βυθίστηκαν σε ένα διάλυμα και έπειτα εκτέθηκαν σε άνιση ηλιακή ακτινοβολία, δημιουργήθηκε ένα ποσό ηλεκτρικού ρεύματος. Οι σημειώσεις του γύρω από το φαινόμενο, είχαν φανεί πολύ ενδιαφέρουσες στην επιστημονική κοινότητα αλλά χωρίς πρακτική εφαρμογή. Έπειτα από σχεδόν 45 χρόνια το 1883, ο Αμερικανός επιστήμονας Charles Fritts δημιούργησε το πρώτο ηλιακό κύτταρο σεληνίου. Η απόδοση του ηλιακού κυττάρου κυμαινόταν στο 1-2% και είχε τις διαστάσεις ενός πολύ μεγάλου τραπέζιου, όπως διακρίνεται και στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Ο Charles Fritts εγκατέστησε τα πρώτα ηλιακά πάνελ στον τελευταίο όροφο πολυκατοικίας της Νέας Υόρκης το 1884.

Η δεκαετία του 1880, θα ήταν αρχή της εκτόξευσης της επιστήμης των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών. Συγκεκριμένα το 1888, ο εφευρέτης Edward Weston έλαβε δύο διπλώματα ευρεσιτεχνίας για ηλιακά κύτταρα, το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ Αρ:389.124 και το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ΗΠΑ Αρ:389.425. Και για τα δύο διπλώματα ευρεσιτεχνίας, ο Weston πρότεινε, «να μετατρέψει την ακτινοβολούμενη ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο σε ηλεκτρική ενέργεια ή μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια». Η ελαφριά ενέργεια εστιάζεται μέσω ενός φακού (f) στο ηλιακό στοιχείο (a), «ένα θερμοστάτη (μια ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια) αποτελούμενη από ράβδους ανόμοιων μετάλλων». Το φως θερμαίνει το ηλιακό στοιχείο και προκαλεί την απελευθέρωση ηλεκτρονίων και τη ροή ρεύματος. Σε αυτήν την περίπτωση, το φως δημιουργεί θερμότητα, η οποία επακολούθως δημιουργεί ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό είναι το ακριβές αντίστροφο του τρόπου λειτουργίας ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως, μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα που στη συνέχεια παράγει φως.

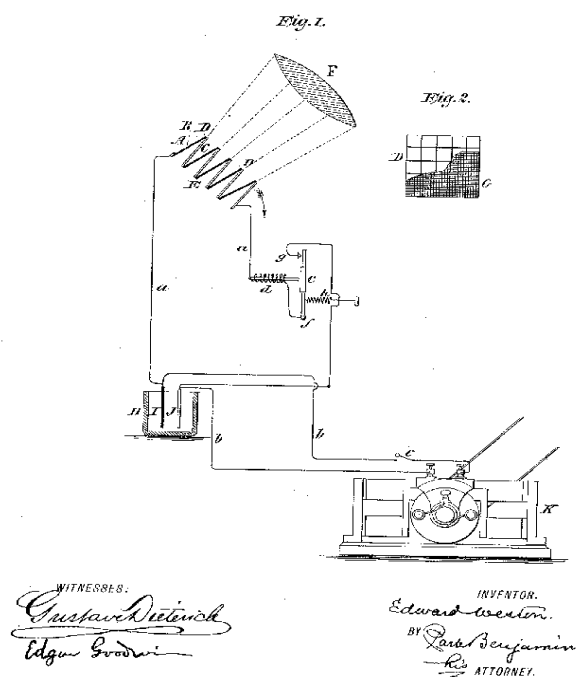
(No Model.)

E. WESTON.

APPARATUS FOR UTILIZING SOLAR RADIANT ENERGY.

No. 389,124.

Patented Sept. 4, 1888.



Εικόνα 2 : Η "Συσκευή αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας ενέργειας" του Edward Weston κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στις 4/9/1888.

Την ίδια χρονιά, ο Ρώσος επιστήμονας με το όνομα Aleksandr Stoletov, δημιούργησε το πρώτο ηλιακό κύτταρο με βάση το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Δηλαδή όταν το φως πέφτει πάνω σε ένα κατάλληλο υλικό, σε αυτό απελευθερώνονται ηλεκτρόνια. Αυτό το φαινόμενο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από έναν Γερμανό φυσικό, Heinrich Hertz. Στην έρευνά του, ο Hertz ανακάλυψε ότι περισσότερη δύναμη δημιουργήθηκε από το υπεριώδες φως, παρά από το ορατό φως. (Σήμερα, τα ηλιακά κύτταρα χρησιμοποιούν το φωτοηλεκτρικό εφέ για να μετατρέψουν το φως του ήλιου σε ισχύ).

Το 1891, ο Clarence Kemp κατοχυρώνει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τον πρώτο εμπορικό ηλιακό θερμοσίφωνα. Συνίστατο στην τοποθέτηση μεταλλικής δεξαμενής κάτω από το φως του ήλιου προκειμένου να συσσωρευτεί και να διατηρηθεί η θερμότητα. Ο Kemp ανέπτυξε την επιχείρησή του και βρήκε πολλούς πελάτες στην Καλιφόρνια. Σε μερικές πόλεις όπως η Πασαντίνα, το 1897, το ένα τρίτο των σπιτιών διέθετε αυτήν τη συσκευή θέρμανσης νερού.

Climax Solar-Water Heater
 UTILIZING ONE OF NATURE'S GENEROUS FORCES
THE SUN'S HEAT { Stored up in Hot Water for Baths,
 Domestic and other Purposes.

GIVES HOT WATER at all HOURS
 OF THE DAY AND NIGHT.
 NO DELAY.
 FLOWS INSTANTLY.
 NO CARE. NO WORRY.
 ALWAYS CHARGED. ALWAYS READY.
 THE WATER AT TIMES
 ALMOST BOILS.

Price, No. 1, \$25.00
 This Size will Supply sufficient
 for 3 to 5 Baths.
 CLARENCE M. KEMP, BALTIMORE, MD.

Price Of No. 1 Heater for
 1892 Reduced to \$17.50 Net

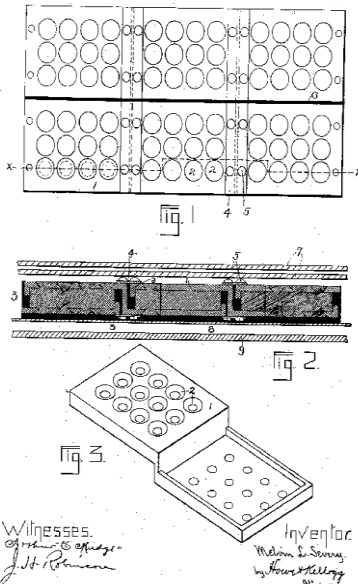


Advertisement for the Climax solar water heater, 1892. The price of this, Kemp's smallest unit, had just dropped from \$25 to \$17.

Εικόνα 3 : Ο Clarence Kemp κατοχυρώνει τον πρώτο εμπορικό ηλιακό θερμοσίφωνα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. (1891)

Το 1894, ο Αμερικανός εφευρέτης Melvin Severy έλαβε διπλώματα ευρεσιτεχνίας Αρ:527.377 για μια "Συσκευή τοποθέτησης και λειτουργίας θερμοπυλών " και Αρ:527.379 για μια "Συσκευή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή θερμότητα." Και οι δύο ευρεσιτεχνίες ήταν ουσιαστικά τα πρώιμα ηλιακά κύτταρα με βάση την ανακάλυψη του φωτοηλεκτρικού αποτελέσματος. Η πρώτη παρήγαγε «ηλεκτρική ενέργεια από τη δράση της ηλιακής θερμότητας πάνω σε ένα θερμο-σωρό» και θα μπορούσε να παράγει ένα σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα κατά τη διάρκεια των ημερήσιων και ετήσιων κινήσεων-ηλιοστασίων του ήλιου, που ευκολύνει τον χρήστη από το να πρέπει να μετακινήσει το θερμοστάτη σύμφωνα με τις κινήσεις του ήλιου. Το δεύτερο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας του Severy από το 1889 προοριζόταν επίσης για τη χρήση της θερμικής ενέργειας του ήλιου για την παραγωγή ηλεκτρισμού για θερμότητα, φως και ενέργεια. Οι «σωροί θερμού» ή τα ηλιακά κελιά όπως τα ονομάζουμε σήμερα, τοποθετήθηκαν σε ένα πρότυπο για να τους επιτρέψουν να ελέγχονται στην κατακόρυφη κατεύθυνση καθώς και σε ένα περιστρεφόμενο πικάπ, το οποίο τους επέτρεψε να κινηθούν σε οριζόντιο επίπεδο «Με το συνδυασμό αυτών των δύο κινήσεων.».

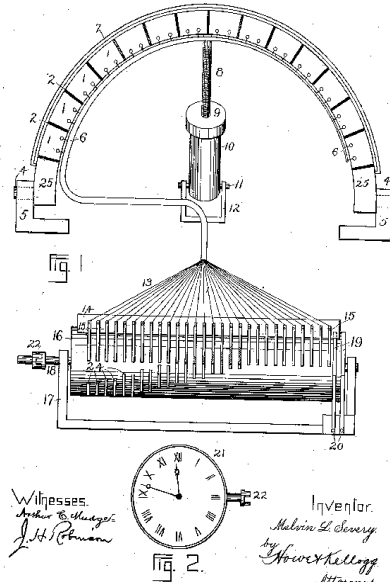
No Model.) M. L. SEVERY. 3 Sheets-Sheet 1.
 APPARATUS FOR GENERATING ELECTRICITY BY SOLAR HEAT.
 No. 527,379. Patented Oct. 9, 1894.



Witnesses.
J. H. Brown

Inventor.
 Melvin L. Severy
by Howard Kellogg

(No Model.) M. L. SEVERY. 3 Sheets-Sheet 1.
 APPARATUS FOR MOUNTING AND OPERATING THERMOPILES.
 No. 527,377. Patented Oct. 9, 1894.



Witnesses.
J. H. Brown

Inventor.
 Melvin L. Severy
by Howard Kellogg

Εικόνα 4 : Διπλώματα ευρεσιτεχνίας Melvin Severy. (9/10/1894)

Σχεδόν μια δεκαετία αργότερα, ο Αμερικανός εφευρέτης Χάρι Ρέιγκαν έλαβε διπλώματα ευρεσιτεχνίας για θερμικές μπαταρίες, οι οποίες είναι δομές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και την απελευθέρωση θερμικής ενέργειας. Η θερμική μπαταρία εφευρέθηκε για να συλλέγει και να αποθηκεύει θερμότητα έχοντας μια μεγάλη μάζα που μπορεί να θερμαίνει και να απελευθερώνει ενέργεια. Δεν αποθηκεύει ηλεκτρισμό αλλά «θερμότητα», ωστόσο, τα συστήματα χρησιμοποιούν σήμερα αυτήν την τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικούς στροβίλους.

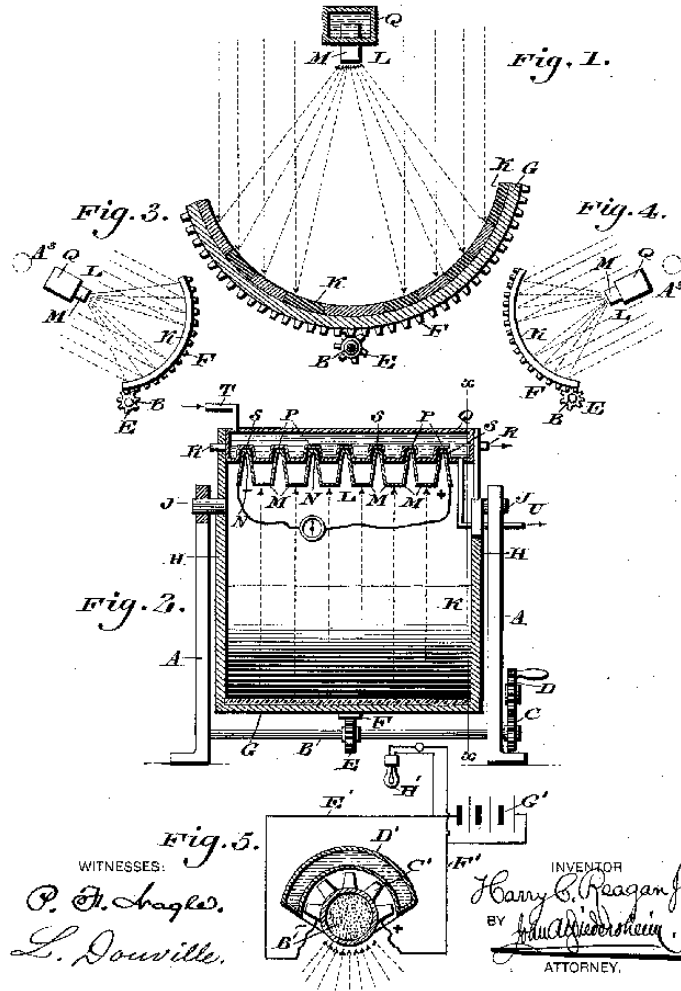
Το 1897, στον Reagan χορηγήθηκε το αμερικανικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας Αρ:588.177 για «εφαρμογή ηλιακής θερμότητας σε θερμο μπαταρίες». Στις αξιώσεις του διπλώματος ευρεσιτεχνίας, ο Ρέιγκαν είπε ότι η εφεύρεσή του περιλάμβανε «μια νέα κατασκευή συσκευής στην οποία οι ακτίνες του ήλιου χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση των θερμο-μπαταριών, με στόχο να συγκεντρώνουν τις ακτίνες του ήλιου σε μια εστίαση και να έχουν ένα σύνολο κόμβων ενός θερμο-μπαταρία στο επίκεντρο των ακτινών, ενώ εφαρμόζονται κατάλληλες συσκευές ψύξης στις άλλες συνδέσεις της εν λόγω θερμο-μπαταρίας. " Η εφεύρεσή του ήταν ένα μέσο συλλογής, αποθήκευσης και διανομής ηλιακής θερμότητας, όπως απαιτείται.

H. C. REAGAN, Jr.

APPLICATION OF SOLAR HEAT TO THERMO BATTERIES.

No. 588,177.

Patented Aug. 17, 1897.



Εικόνα 5 : Η «Εφαρμογή της Ηλιακής Θέρμανσης σε Θερμο-Μπαταρίες» του HC Reagan κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στις 17 Αυγούστου 1897.

Μια σημαντική ανακάλυψη το 1905 από τον Φυσικό Albert Einstein, θα διαταράξει τα νερά της επιστήμης σχετικά με την φύση του φωτός¹⁶. Ο Einstein διατύπωσε την πληρέστερη θεωρία για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, όπου θα τιμηθεί και με βραβείο Νόμπελ το 1921.

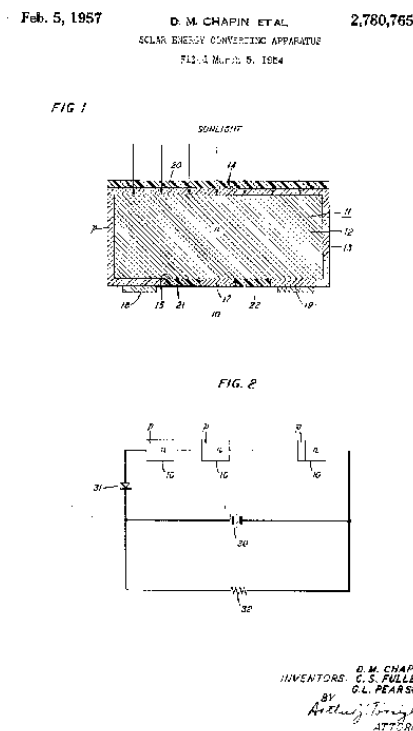
Επίσης σήμαινε ότι η εφεύρεση έχει φθνή και ισχυρή κατασκευή. Αν και αυτό το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας δεν αφορούσε ηλιακό πάνελ, αυτές οι θερμικές γεννήτριες εφευρέθηκαν είτε για να μετατρέψουν τη θερμότητα απευθείας σε ηλεκτρισμό, είτε για να μετατρέψουν αυτήν την ενέργεια σε ισχύ για θέρμανση και ψύξη.

¹⁶ Η διατύπωση της θεωρίας του φωτοηλεκτρικού φαινομένου σύμφωνα με τον Albert Einstein.

Το 1918, ένας Πολωνός επιστήμονας Jan Czochralski ανακάλυψε μια μέθοδο παραγωγής μονοκρυσταλλικού πυριτίου, η οποία επέτρεψε την παραγωγή μονοκρυσταλλικών ηλιακών κυττάρων. Το πρώτο μονοκρυσταλλικό ηλιακό στοιχείο πυριτίου κατασκευάστηκε το 1941. Το 1932, παρατηρήθηκε η φωτοβολταϊκή επίδραση στο κάδμιο-σεληνίδιο. Μετά από 20 έτη περίπου, το 1954 στο Bell Laboratories, τρεις επιστήμονες ανακαλύπτουν ότι τα ημιαγώγιμα υλικά όπως το Πυρίτιο ήταν πιο αποτελεσματικά από το σεληνίο. Κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα ηλιακό κύτταρο που ήταν 6% αποδοτικό.

Οι εφευρέτες Daryl Chapin, Calvin Fuller και Gerald Pearson (που συμμετείχαν στο National Inventors Hall of Fame το 2008) ήταν οι εγκέφαλοι πίσω από το ηλιακό κελί πυριτίου στο Bell Labs. Ενώ θεωρήθηκε η πρώτη πρακτική συσκευή για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, ήταν ακόμα απαγορευτικό για τους περισσότερους ανθρώπους. Η παραγωγή ηλιακών κυψελών πυριτίου είναι ακριβή και όταν συνδυάζετε πολλά στοιχεία για να δημιουργήσετε ένα ηλιακό πάνελ, είναι ακόμη πιο ακριβό για την αγορά του κοινού.

Το Πανεπιστήμιο του Ντελαγουέρ πιστώνεται με τη δημιουργία ενός από τα πρώτα ηλιακά κτίρια, «Solar One», το 1973. Η κατασκευή πραγματοποιήθηκε με συνδυασμό ηλιακής θερμικής και ηλιακής φωτοβολταϊκής ισχύος. Το κτίριο δεν χρησιμοποίησε ηλιακούς συλλέκτες. Αντίθετα, η νέα ηλιακή τεχνολογία ενσωματώθηκε στον τελευταίο όροφο¹⁷.

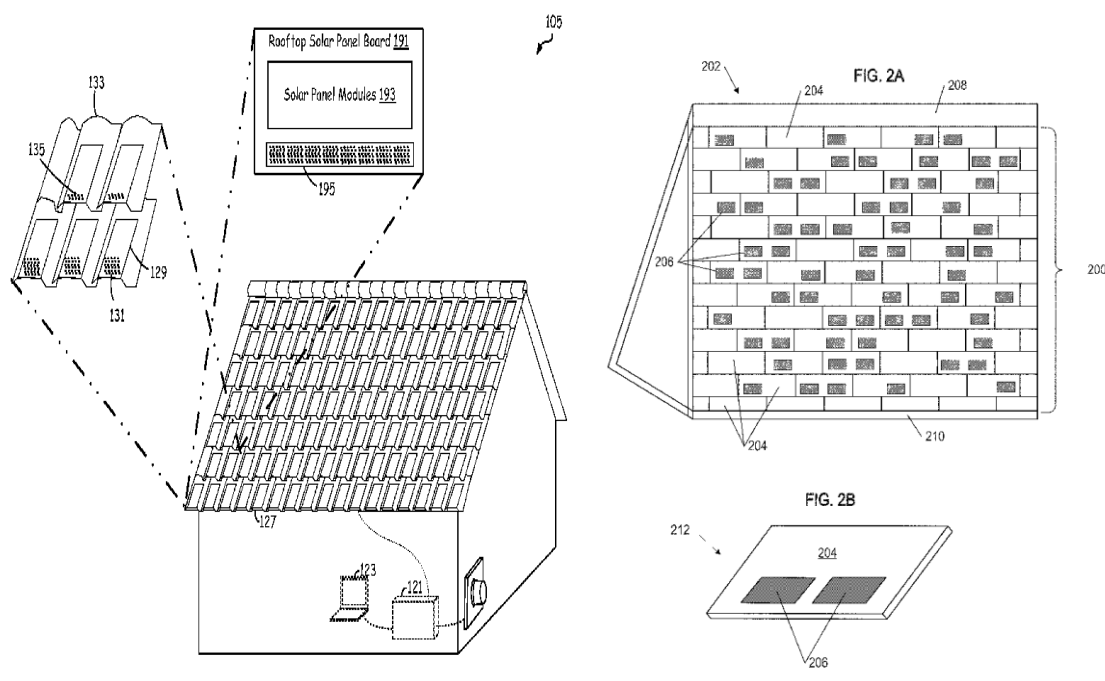


Εικόνα 6 : Οι συσκευές μετατροπής ηλιακής ενέργειας "DM Chapin et al" κατοχυρώθηκαν με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας στις 5 Φεβρουαρίου 1957.

¹⁷ Άρθρο για την εξέλιξη των φωτοβολταϊκών καθώς και των ευρεσιτεχνιών τους, στο πέρασμα του χρόνου.

Από το 1950 και μετά, ξεκινά μια ξέφρενη ανάπτυξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών η οποία εξακολουθεί μέχρι και σήμερα. Το 1955 η Western Electric, παράγει ηλιακά κύτταρα με μέγιστη απόδοση 6 %. Η παραγωγή είχε ως κύριο σκοπό την χρήση των ηλιακών κελιών για την παροχή δορυφορικής ενέργειας. Την ίδια χρονιά στις 17 Μαρτίου, εκτοξεύεται το Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά, που θα δουλέψει συνεχόμενα για 8 χρόνια. Επίσης στην Georgia κατασκευάζεται ο πρώτος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά στοιχεία τηλεφωνικός αναμεταδότης.

Έτσι ξεκινά η αποκορύφωση της τεχνολογίας αυτής, με την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών να ενσωματώνεται και σε άλλους τομείς εκτός από την παραγωγή άμεσης εκμεταλλεύσιμης ηλεκτρικής ενέργειας¹⁸. Οι τομείς που ενσωματώθηκε η φωτοβολταϊκή τεχνολογία ήταν σε διαστημικές αποστολές, σε στρατιωτικές εγκαταστάσεις¹⁹, στην ηλεκτροκίνηση καθώς και στην δημιουργία άλλων φιλικών προς το περιβάλλον καυσίμων. Το 2013, η Enprulz-LCC κατοχυρώνει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας την πρώτη ηλιακή σκεπή (Εικόνα 8 αριστερά). Πέντε έτη μετά, η εταιρία SolarCity Corporation κατοχυρώνει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τον πρώτο ηλιακό τοίχο (Εικόνα 8 δεξιά).



Εικόνα 7 : Σχεδιάγραμμα της πρώτης ηλιακής σκεπής που κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την εταιρία Enprulz-LCC (αριστερά) και ο πρώτος ηλιακός τοίχος από την SolarCity όπως αυτός καταχωρήθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 2018(δεξιά).

Φτάνοντας στο 2020, τα φωτοβολταϊκά συστήματα εγκαθίστανται σε τεράστιες εκτάσεις σε όλη την Γη. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων πλέον φτάνει το 20-30% και το κόστος είναι 4-5 φορές μικρότερο σε σχέση με 10 χρόνια πριν. Πλέον τα πλαίσια φτάνουν τα 600 W ισχύς και χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες. (Smithsonian Magazine)

¹⁸ Χρονοδιάγραμμα της ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στο πέρασμα του χρόνου. (Αγγλική γλώσσα)

¹⁹ Άρθρο για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών για την κάλυψη αναγκών του στρατού.

Οι κατηγορίες αυτές είναι τα πολυκρυσταλλικά, τα μονοκρυσταλλικά και του λεπτού υμενίου. Ανάλογα την χρήση τους, εφαρμόζεται και η κατάλληλη τεχνολογία. Παρακάτω θα γίνει πλήρης επεξήγηση των τριών παραπάνω κατηγοριών. Οι επιστήμονες πλέον εφεύρει φωτοβολταϊκά στοιχεία τα οποία παράγονται από οργανικά υλικά καθώς και φωτοβολταϊκά κελιά που παράγουν ενέργεια μέσω του βρόχινου νερού²⁰.

3.3 Βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και υλικά των φωτοβολταϊκών.

3.3.1 Εισαγωγή.

Τα σύγχρονα φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται με βάση το Πυρίτιο. Το υλικό των κελιών έχει ως κύρια βάση το Πυρίτιο, καθώς είναι από τα πιο άφθονα ημιαγώγιμα υλικά στην Γη και με τις επιθυμητές φυσικοχημικές ιδιότητες. Τα Φ/Β στοιχεία βασίζονται στην επαφή p-n, δηλαδή στην επαφή που δημιουργείται μεταξύ δύο στρωμάτων ημιαγώγιμων υλικών. Τα δύο στρώματα αυτά περιέχουν προσμίξεις και το ένα ημιαγώγιμο στρώμα είναι θετικό (στρώμα p), ενώ το άλλο είναι αρνητικό (στρώμα n). Μέσω της επαφής αυτής καθώς διαπερνά η ηλιακή ακτινοβολία τα στρώματα δημιουργείται ένα ηλεκτρονιακό δυναμικό λόγω της κίνησης των ηλεκτρονίων των ημιαγωγών στο μεταξύ τους κενό, έχοντας δημιουργηθεί έτσι το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Παρακάτω λοιπόν, θα αναπτυχθεί ο τρόπος δημιουργίας του φωτοβολταϊκού φαινομένου, τα υλικά των ημιαγωγών καθώς και ο τρόπος επαφής p-n.

3.3.2 Θεωρία Ενεργειακού χάσματος (Ενεργειακό Διάκενο).

Σύμφωνα με την Χημεία, το Πυρίτιο λειτουργεί ως ένας τέλειος ηλεκτρικός μονωτής στην θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός. Δηλαδή δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια να περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα του σε αντίθεση με τα μέταλλα. Αν αυξηθεί η θερμοκρασία του πυριτίου, κάποια ηλεκτρόνια απορροφούν αρκετή ενέργεια για να απελευθερωθούν από τον πυρήνα τους και να είναι πλέον διαθέσιμα για να μεταφέρουν ηλεκτρικό ρεύμα. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του πυριτίου, τόσο περισσότερα ηλεκτρόνια θα είναι διαθέσιμα για την μεταφορά ηλεκτρικού ρεύματος έχοντας ως αποτέλεσμα την αύξηση της αγωγιμότητας του συναρτήσει της αύξησης της θερμοκρασίας. Η αγωγιμότητα του πυριτίου σε κανονικές θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλή και έτσι το Πυρίτιο αναφέρεται ως ημιαγωγός.

Σύμφωνα με την Κβαντική θεωρία, τα ηλεκτρόνια διαθέτουν ενέργεια που τους επιτρέπει να παραμείνουν σε ορισμένες ενεργειακές ζώνες. Η υψηλότερη ενεργειακή ζώνη ονομάζεται ζώνη αγωγιμότητας και τα ηλεκτρόνια της συμβάλλουν στην ροή του ρεύματος. Η ζώνη αγωγιμότητας για τα μέταλλα είναι σχεδόν γεμάτη, ενώ η ζώνη αγωγιμότητας για ημιαγωγούς σε θερμοκρασία απόλυτου μηδενός είναι άδεια. Τα κενά που παρουσιάζονται μεταξύ των ενεργειακών ζωνών, ονομάζονται απαγορευμένες ζώνες. Η ενέργεια που απαιτείται από το ηλεκτρόνιο για να μεταπηδήσει από την απαγορευμένη ζώνη στην ζώνη αγωγιμότητας, ονομάζεται ενεργειακό διάκενο ή χάσμα (E_g). Οι μονάδες μέτρησης του ενεργειακού διακένου είναι τα electron volts (eV) και ορίζεται η ενέργεια που

²⁰ Οι επιστήμονες σχεδιάζουν νέα ηλιακά κύτταρα για να συλλαμβάνουν ενέργεια από τη βροχή.

αποκτά ένα ηλεκτρόνιο όταν η τάση αυξάνει κατά 1 volt. Το εύρος αυτών των ενεργειακών διάκενων εξαρτάται από το υλικό του κρυστάλλου(μετάλλου).

Το ενεργειακό διάκενο του πυριτίου είναι 1,12 eV για να αλλάξει ζώνη. Για τα Φ/Β, η πηγή ενέργειας είναι τα φωτόνια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του ηλίου. Όταν ένα φωτόνιο με ενέργεια πάνω από 1,12 eV απορροφάται από ένα ηλιακό στοιχείο, ένα ηλεκτρόνιο μπορεί να περάσει στην ζώνη αγωγιμότητας. Η μεταφορά θέσης του ηλεκτρονίου από θέση σε θέση, δημιουργεί μια οπή.

Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, ένα φωτόνιο μπορεί να δημιουργήσει ένα ζευγάρι ηλεκτρονίου-οπής σε έναν ημιαγωγό. Μέσω της σχέση του μήκους κύματος ενός φωτονίου, γνωρίζουμε ότι το μήκος κύματος του φωτονίου για να υπάρχει ενέργεια 1,12 eV θα πρέπει να είναι ίσο με 1,11 μm. Αν το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο του 1,11 μm έχει μικρότερη ενέργεια διάκενου από την απαιτούμενη, οπότε δεν είναι σε θέση να δημιουργήσει ένα ζευγάρι οπής-ηλεκτρονίου. Αν το φωτόνιο έχει μήκος κύματος μικρότερο του 1,11 μm, τότε δημιουργείται ένα ζευγάρι οπής-ηλεκτρονίου, απορρίπτοντας την περίσσεια ενέργεια ως θερμότητα.

3.3.3 Αγωγοί, ημιαγωγοί και μονωτές.

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα για το θεωρητικό κομμάτι του ενεργειακού χάσματος, θα πρέπει να οριστεί τι ονομάζεται αγωγός, ημιαγωγός και μονωτής για την καλύτερη κατανόηση τους. Αγωγοί ορίζονται τα υλικά (π.χ. μέταλλα) τα οποία έχουν υψηλή αγωγιμότητα. Σε αυτά τα υλικά, η ζώνη αγωγιμότητας περιέχει μεγάλο πλήθος ηλεκτρονίων με χαμηλό ενεργειακό χάσμα. Το αποτέλεσμα της μεγάλης αυτής συγκέντρωσης ηλεκτρονίων, είναι η ζώνη σθένους με την ζώνη αγωγιμότητας να αλληλοκαλύπτονται μεταξύ τους. Υπάρχει όμως μια κατηγορία υλικών οι μονωτές, στην οποία η ζώνη αγωγιμότητας είναι άδεια (ή σχεδόν άδεια) με μεγάλο ενεργειακό χάσμα. Λόγω της μεγάλης διαφοράς του ενεργειακού χάσματος, τα ηλεκτρόνια χρειάζονται τεράστια ποσά ενέργειας για να μεταπηδήσουν από την ζώνη σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας.

Οι ημιαγωγοί (το Πυρίτιο ανήκει σε αυτή την κατηγορία υλικών), είναι υλικά με σχετικά μικρό ενεργειακό χάσμα και σχεδόν μηδενικό έως πολύ ελάχιστο αριθμό ηλεκτρονίων στην ζώνη αγωγιμότητας. Τα υλικά αυτά σε χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργούν ως μονωτές, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν αυξημένη αγωγιμότητα λόγω της ευκολότερης μετακίνησης των ηλεκτρονίων στην ζώνη αγωγιμότητας.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ημιαγωγών, οι οποίες χωρίζονται βάση της σύστασης τους. Η πρώτη κατηγορία είναι οι ενδογενείς ημιαγωγοί και είναι τα υλικά με σχετικά μικρά ενεργειακά διάκενα (τυπικά έως 0,5 eV). Σε αυτούς τους ημιαγωγούς, ένας αριθμός ηλεκτρονίων μπορεί να διεγερθεί θερμικά σε θερμοκρασία δωματίου, και να μεταπηδήσει στην ζώνη αγωγιμότητας. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι όσο πιο μεγάλη θερμοκρασία υπάρχει στο περιβάλλον, τόσο πιο εύκολα μεταπηδούν τα ηλεκτρόνια από την ζώνη σθένους, στην ζώνη αγωγιμότητας. Κατά την αλλαγή θέσης του ηλεκτρονίου από την ήδη υφιστάμενη σε μία άλλη νέα, στην κενή θέση που αφήνει δημιουργείται μια οπή. Η οπή μαζί με το ηλεκτρόνιο μπορούν να συνεισφέρουν στην ηλεκτρική αγωγιμότητα του υλικού, η οποία καθορίζεται από το άθροισμα ηλεκτρονίων-οπών.

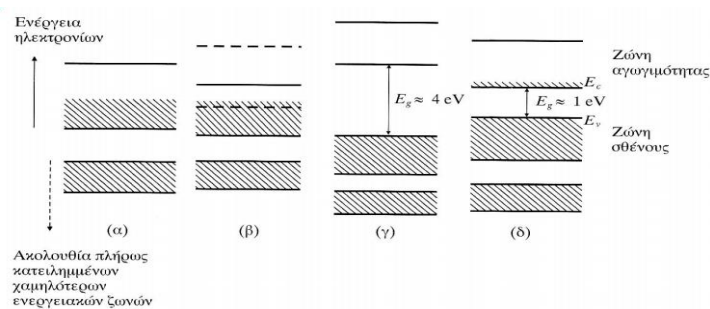
Οι εξωγενείς ημιαγωγοί (ημιαγωγοί προσμίξεων), είναι υλικά με μεγάλο ενεργειακό χάσμα και θα μπορούσε να θεωρηθούν και ως μονωτές. Για να θεωρηθεί μονωτής ένας εξωγενής ημιαγωγός, θα πρέπει να μην υπάρχουν συγκεκριμένα σημεία όπου έχουν εισαχθεί στοιχεία τα οποία ονομάζονται δότες ή αποδέκτες, και μπορούν να δημιουργήσουν επί πλέον ηλεκτρόνια αγωγιμότητας ή οπές

αγωγιμότητας στο ενεργειακό διάκενο. Ως δότες σε εξωγενείς ημιαγωγούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν το φώσφορο, το αρσενικό και το αντιμόνιο. (Τσούτος)

Αν μια μικρή ποσότητα των πεντασθενών χημικών στοιχείων αυτών προστεθεί σε έναν ημιαγωγό, αυτά συνεισφέρουν ένα ηλεκτρόνιο το οποίο μετακινείται στην ζώνη αγωγιμότητας. Ο μηχανισμός αγωγιμότητας στην περίπτωση αυτή γίνεται διά μέσου ηλεκτρονίων και το υλικό ονομάζεται ημιαγωγός τύπου n.

Ως αποδέκτες σε εξωγενείς ημιαγωγούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν το βόριο, το αλουμίνιο, το γάλλιο και το ίνδιο. Λόγω ότι τα χημικά στοιχεία αυτά είναι τρισθενής, έχουν ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο στην ζώνη σθένους σε σύγκριση με το Πυρίτιο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αποδέκτες μπορούν να πάρουν ένα ηλεκτρόνιο από την ζώνη σθένους και να δημιουργήσουν μια οπή σε αυτή.

Έτσι μέσω της οπής αυτής, επιτρέπεται η δημιουργία ηλεκτρικής αγωγιμότητας στη ζώνη σθένους του ημιαγωγού. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο φορέας φορτίου φαίνεται να είναι θετικός και οι ημιαγωγοί αυτοί ονομάζονται ημιαγωγοί τύπου p. Στην Εικόνα 9 αναπαρίστανται σχηματικά η λειτουργία των ενεργειακών ζωνών για τα παραπάνω στοιχεία. (Γεωργίου)

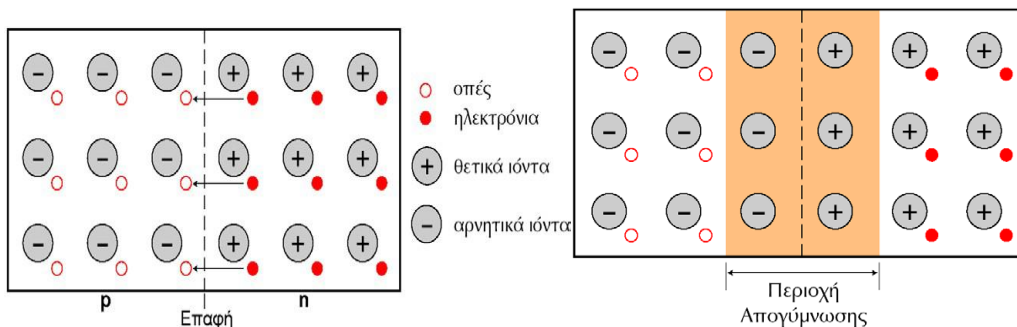


Εικόνα 8 : Σχηματική αναπαράσταση των ενεργειακών ζωνών σε :
 α) μονοσθενές μέταλλο, β) δισθενές μέταλλο, γ) μονωτής και δ) ενδογενής ημιαγωγός.

3.3.4 Επαφή p-n.

Όταν ενωθούν δύο ημιαγωγοί πρόσμιξης τύπου p και n, τότε δημιουργείται μια επαφή μεταξύ τους που ονομάζεται επαφή τύπου p-n. Η επαφή αυτή δημιουργείται διότι αρκετά από τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού τύπου n θα κινηθούν προς την πλευρά του ημιαγωγού τύπου p, καλύπτοντας τις οπές που δημιουργήθηκαν σε αυτόν κοντά στο σημείο επαφής. Την ίδια στιγμή στον ημιαγωγό τύπου p, κάποιες οπές θα μετακινηθούν προς την πλευρά του ημιαγωγού τύπου n και θα συνδεθούν με τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια που βρίσκονται κοντά στο σημείο επαφής.

Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται διάχυση φορέων και έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μια επιφάνειας ελεύθερων φορτίων δεξιά και αριστερά εκατέρωθεν της περιοχής επαφής p-n. Σε αυτή την περιοχή δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο, επακολουθώντας μια διαφορική επαγωγή. Η περιοχή που πραγματοποιείται η διαφορική επαγωγή και η δημιουργία του ηλεκτρικού πεδίου, ονομάζεται περιοχή απογύμνωσης και έχει ως κύρια διεργασία την αύξηση της πολικότητας (ελαφρώς θετικότερη) στην περιοχή n και την μείωση (ελαφρώς αρνητική φόρτιση) της στην πλευρά του ημιαγωγού τύπου p. Η διαφορά δυναμικού που διαμορφώνεται μεταξύ των δύο άκρων ονομάζεται τάση διάχυσης και η τιμή της εξαρτάται από τα υλικά πρόσμιξης των ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 9 : Αριστερά διακρίνεται η Επαφή p-n και ο τρόπος λειτουργίας της, ενώ αριστερά διακρίνεται η ζώνη απογύμνωσης που δημιουργείται κατά την επαφή p-n.

3.3.5 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Όπως παρουσιάστηκε παραπάνω, αν μια φωτεινή πηγή φωτίσει μια επαφή τύπου p-n, τότε κάποια από τα φωτόνια της ακτινοβολίας θα απορροφηθούν από τα άτομα του υλικού των ημιαγωγών. Τα άτομα του υλικού των ημιαγωγών που βρίσκονται στην ζώνη απογύμνωσης θα απορροφήσουν τα φωτόνια της φωτεινής πηγής, δημιουργώντας έτσι ζεύγη ηλεκτρονίων-οπής. Τα ηλεκτρόνια θα κινηθούν προς την πλευρά του ημιαγωγού τύπου n, ενώ οι οπές κινούνται προς την πλευρά του ημιαγωγού τύπου p. Κατά αυτόν τον τρόπο ο ημιαγωγός τύπου n φορτίζεται ισχυρότερα αρνητικά από τον ημιαγωγό τύπου p, ο οποίος φορτίζεται ισχυρότερα θετικά.

Η κίνηση των ηλεκτρονίων-οπών σε αντίθετες κατευθύνσεις δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο ονομάζεται φωτορεύμα και είναι το αποτέλεσμα της επαφής p-n με την πηγή φωτός. Δηλαδή η επαφή p-n κατά την παρουσία φωτός, λειτουργεί ως γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (ΦΒ γεννήτρια).

Η συνολική παραπάνω διαδικασία ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Με μια φράση, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο θα οριζόταν ως η διαδικασία μετατροπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μια φωτεινής πηγής σε ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω της απορρόφησης της ενέργειας της πηγής από τα ημιαγωγικά υλικά. Σύμφωνα με την σχέση Planck-Einstein²¹, η ενέργεια ενός φωτονίου ισοδυναμεί με το γινόμενο της σταθεράς Planck ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$) επί την ταχύτητα του φωτός στο κενό ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$), δια το μήκος κύματος του φωτονίου (λ). Αν ο παραπάνω τύπος επιλυθεί, το συνολικό ποσό ενέργειας που χρειάζεται ένα φωτόνιο για να μεταβεί από την ζώνη σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας είναι ίσο με $E = 1,14 \text{ eV}$ (για $T = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ και $\lambda = 1,09 \text{ }\mu\text{m}$).

$$\text{Εξίσωση 1 : } E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \leftrightarrow E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,09 \text{ }\mu\text{m}} \leftrightarrow E = 1,14 \text{ eV}$$

Άρα για το συγκεκριμένο ποσό ενέργειας (ελάχιστο ποσό ενέργειας) και πάνω το Πυρίτιο απορροφά όλα τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας. Αν η ενέργεια είναι χαμηλότερη από το παραπάνω ποσό,

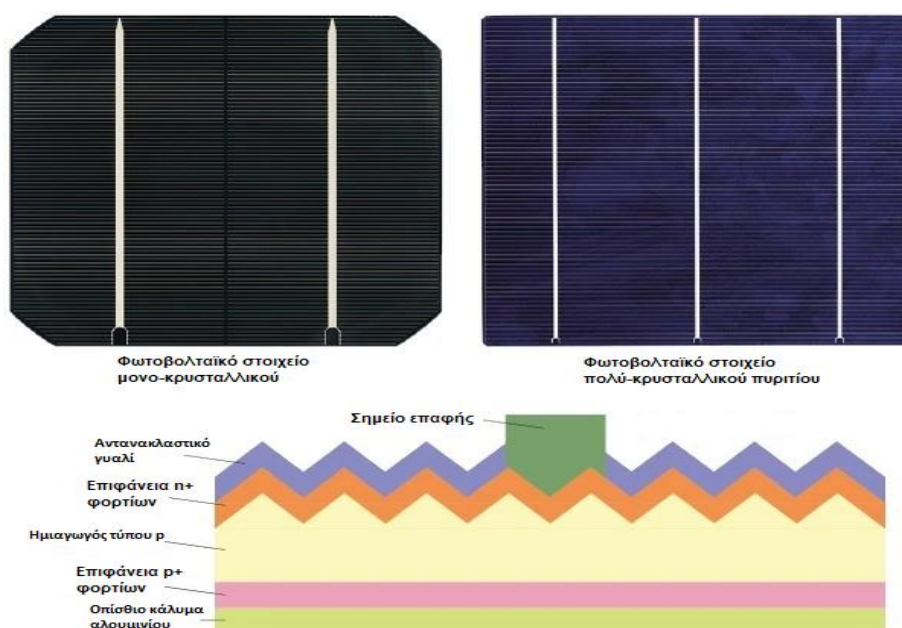
²¹ Σχέση Planck-Einstein για την ενέργεια μετάβασης ζωνών φωτονίου.

τότε τα φωτόνια δεν απορροφούνται από το Πυρίτιο και αυξάνουν την θερμοκρασία του υλικού. Σε περίπτωση μεγαλύτερου ποσού από το ελάχιστο, το Πυρίτιο απορροφά τα ποσά ενέργειας που χρειάζεται και το υπόλοιπο ποσό ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα στο υλικό(ημιαγωγό). Παρακάτω θα αναφερθούν τρόποι για την μείωση της θερμοκρασίας των υλικών και συνάμα των πάνελ. Ένα «εμπόδιο» για την σωστή λειτουργία των φωτοβολταϊκών κελιών είναι η σκόνη που επικαλύπτει τον εξωτερικό υαλοπίνακα του πλαισίου, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να διαπεράσει όλο το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Θα γίνει αναφορά παρακάτω στα προβλήματα που δημιουργούνται σε μια φωτοβολταϊκή συστοιχία από φυσικά φαινόμενα-αίτια και από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. (Τσούτος)

3.4 Φωτοβολταϊκό στοιχείο.

3.4.1 Εισαγωγή

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι το τελικό προϊόν που λαμβάνουν διαδικασία τα παραπάνω θεωρητικά δεδομένα. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι μια κατασκευή που περιέχει πολλά φύλλα επεξεργασμένου ημιαγωγού πρόσμιξης(πυριτίου τύπου p-n) πάνω σε ένα αλουμινένιο πλαίσιο, τα οποία καλύπτονται από ένα αντανακλαστικό κρυσταλλικό γυαλί και ένα μεταλλικό πλέγμα σύνδεσης. Έτσι δημιουργείται ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, το οποίο είναι η καρδιά του φωτοβολταϊκού πλαισίου.



Εικόνα 10: Τυπικές ηλιακές κυψέλες μονο- και πολύ-κρυσταλλικού πυριτίου (άνω) και απλοποιημένη διατομή εμπορικού ηλιακού κυττάρου μονο-κρυσταλλικού πυριτίου.

3.4.2 Υλικά φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Καθώς η επιστήμη των υλικών αναπτύσσεται και βρίσκει νέα εκμεταλλεύσιμα υλικά για την παραγωγή ενέργειας, έτσι και τα υλικά της κατασκευής των φωτοβολταϊκών αναπτύσσονται και εισχωρούν καινούργια στον χώρο της βιομηχανίας. Τα φωτοβολταϊκά κελιά έχουν κατασκευαστεί με

πέντε υλικά μέχρι σήμερα. Πρώτο και ευρέως πιο γνωστό υλικό για την παραγωγή των φωτοβολταϊκών κελιών είναι το Πυρίτιο. Το Πυρίτιο είναι το δεύτερο σε αφθονία στοιχείο που μπορεί να βρεθεί στην Γη, καθώς αποτελεί σχεδόν το 20 % του φλοιού της Γης. Στην φύση μπορεί να βρεθεί σε ορυκτά με βάση το SiO_2 είτε σε πυριτικά άλατα. Ως πρώτη ύλη για τα φωτοβολταϊκά συστήματα θα μπορούσε να είναι η κοινή άμμος, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται Πυρίτιο υψηλής αγωγιμότητας ή χαλαζίας.

Το Πυρίτιο τοποθετείται σε έναν κλίβανο και με την χρήση της υψηλής θερμότητας και του άνθρακα, δημιουργείται Πυρίτιο μεταλλουργικού τύπου καθαρότητας 99 %. Το αναβαθμισμένο Πυρίτιο χρησιμοποιείται για την κατασκευή μονό-κρυσταλλικού πυριτίου ενώ το πολύ-κρυσταλλικό έχει Πυρίτιο με την μορφή πετρών από πολύπλευρο λαμπερό μέταλλο. Η φιλοσοφία της παρασκευής και μορφοποίησης του πυριτίου στην μορφή που βρίσκεται στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο, βασίζεται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνική.

Αρχικά η πρώτη ύλη για την παραγωγή των κελιών θερμαίνεται ώστε να αλλάξει κατάσταση και από στερεά μορφή αλλάζει φάση σε ρευστό. Η αλλαγή φάσης του στοιχείου του πυριτίου, βοηθά στην διαμόρφωση του σχήματος που απαιτείται μέσω χύτευσης σε ειδικά καλούπια. Έπειτα το υλικό που λαμβάνεται από την χύτευση, υποδιαιρείται σε μικρότερα κομμάτια μέσω κοπής. Τα μικρότερα κομμάτια πριονίζονται, δημιουργώντας έτσι μικρά λεπτά πλακίδια πυριτίου. Κατά αυτή την φάση, το 20% του πυριτίου μετατρέπεται σε πριονίδι.

Έπειτα τα λεπτά πλακίδια υποβάλλονται σε χημική διάβρωση για την απομάκρυνση των επιφανειακών ανωμαλιών που έχουν δημιουργηθεί από το πριόνισμα, επικαλύπτονται από ένα αιώρημα χρωστικής ουσίας ώστε να δημιουργηθεί η επαφή p-n. Τέλος ακολουθεί η καλωδίωση του φωτοβολταϊκού στοιχείου μέσω ειδικών μηχανημάτων συγκόλλησης και πάκτωση των υπόλοιπων υλικών στο εμπρόσθιο και οπίσθιο τμήμα της κατασκευής.

Μια άλλη τεχνολογία δημιουργίας φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου, είναι τα φωτοβολταϊκά λεπτού υμενίου. Η διαφορά σε σχέση με την δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου κρυσταλλικού πυριτίου, είναι η διαφορά πάχους της στρώσης ενδογενούς πυριτίου καθώς και η ευκαμπτότητα τους. Ο συντελεστής απορρόφησης τους είναι πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τα μονό-πολύ κρυσταλλικά αλλά ο βαθμός απόδοσης του είναι πολύ μικρός (περίπου 8 %). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτού υμενίου κατασκευάζονται συνήθως από τρία διαφορετικά χημικά στοιχεία όπου είναι το άμορφο Πυρίτιο, το Γάλλιο και το Κάδμιο. Κατά την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού κελιού λεπτού υμενίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές λεπτές στρώσεις από τα παραπάνω υλικά μαζί με το Πυρίτιο, δημιουργώντας μια αύξηση ή μείωση του ενεργειακού διάκενου ανάλογα τα υλικά κατασκευής.

Στο άμορφο Πυρίτιο (a-Si) δεν υφίσταται σχεδόν καθόλου διευθέτηση των ατόμων του πυριτίου, όπως γίνεται στο κρυσταλλικό. Στο άμορφο Πυρίτιο οι ημιαγωγοί είναι τύπου πρόσμιξης και τα υλικά πρόσμιξης συνήθως είναι το υδρογόνο, ο άνθρακας και το γερμάνιο.

Το Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs) είναι ένα υλικό το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας αγωγός πρόσμιξης, διότι δημιουργείται από ένα μείγμα στοιχείων. Η δομή του υλικού μετά την επεξεργασία είναι κρυσταλλική και αναπτύσσεται μέσω της επιταξικής διαδικασίας, κατά την οποία πολλές λεπτές στρώσεις Γαλλίου εναποτίθενται η μια πάνω στην άλλη δημιουργώντας επαφές τύπου p-n. Τα φωτοβολταϊκά τεχνολογίας GaAs μπορούν να χρησιμοποιηθούν με δύο τρόπους, είτε με την χρήση της ελεύθερης προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είτε με την συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα συγκεκριμένο σημείο.

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών GaAs μονής επαφής έχουν θεωρητική απόδοση 29 % και 39 % ενώ τα φωτοβολταϊκά πολλαπλής επαφής 29 % και 43 % αντίστοιχα. Η εφαρμογή των φωτοβολταϊκών GaAs συνήθως συναντάται στην κατασκευή δορυφόρων και διαστημικών αποστολών αλλά και στην εφαρμογή πειραματικών επιστημονικών αποστολών-ερευνητικών εργασιών. Μία άλλη εφαρμογή του υλικού GaAs είναι στα παραβολικά κάτοπτρα ηλιακής ακτινοβολίας, τα οποία μέσω καθρεπτών ανακλούν την ακτινοβολία σε ένα συγκεκριμένο σημείο και από εκεί διαπερνά ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο μικρής επιφάνειας το οποίο είναι κατασκευασμένο με GaAs.



Εικόνα 11 : Το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο που λειτουργεί μέσω φωτοβολταϊκών τύπου GaAs από φοιτητές του Πανεπιστημίου του Μίσιγκαν το 2005 (Αριστερά) και παραβολικό κάτοπτρο συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας με την χρήση φωτοβολταϊκού πλαισίου GaAs (δεξιά).

Ένα ακόμα υλικό παρασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι το Τελλουριούχο Κάδμιο ($CdTe$), στο οποίο οι στρώσεις τύπου n και p είναι από διαφορετικά υλικά. Τα πιο συνηθισμένα ηλιακά κύτταρα Τελλουριούχου Καδμίου αποτελούνται από μια απλή δομή ετεροένωσης η οποία περιέχει μια στρώση $CdTe$ τύπου p η οποία μαζί με μια στρώση Σουλφιδίου του Καδμίου (CdS), δημιουργώντας μια επαφή τύπου $p-n$.

Οι τεχνικές εναπόθεσης-δημιουργίας μια στρώσης $CdTe$ ακολουθεί τα εξής βήματα : εξάχνωση σε κοντινή απόσταση, εναπόθεση μεταφοράς ατμών, απόθεση φυσικού ατμού, εναπόθεση ψεκασμού, ηλεκτροδιάθεση, απόθεση χημικών-ατμών μετάλλων-οργανικών χημικών, εναπόθεση ψεκασμού και απόθεση εκτύπωσης οθόνης.

Η απόδοση ρεκόρ για ένα εργαστήριο $CdTe$ solar cell είναι 22,1 % από την First Solar, ενώ η First Solar ανέφερε πρόσφατα ότι η μέση απόδοση της εμπορικής μονάδας ήταν 16,1 % στα τέλη του 2015. Το $CdTe$ είναι ένα υλικό βλαβερό για την ανθρώπινη υγεία διότι το Κάδμιο είναι μια πολύ τοξική ουσία (αίτιο καρκινογένεσης) και χρίζει ιδιαίτερη προσοχή κατά την επεξεργασία της.²²

Ένα άλλο υλικό παρασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (CIS) όπου μαζί με την προσθήκη Γάλλιου (αναγράφεται και ως CIGS το τελικό προϊόν) δημιουργούν το υπόστρωμα του κελιού. Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι πολλαπλών εύκαμπτων στρώσεων, με μικρό πάχος.

²² Κάδμιο: Τοξικότητα, επιπτώσεις και τρόποι αντιμετώπισης τους.

Η διαδικασία δημιουργίας τους είναι όμοια σε μεγάλο βαθμό με αυτή των φωτοβολταϊκών στοιχείων Τελλουριούχου Καδμίου, καθώς και οι δύο τύποι φωτοβολταϊκών είναι λεπτών πολλαπλών στρώσεων. Κατά την δημιουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων CIS, ένα λεπτό μεταλλικό στρώμα Μολυβδαινίου (Mo) εναποτίθεται μέσω ψεκασμού πάνω στο υπόστρωμα, που χρησιμοποιείται ως οπίσθια επαφή. Έπειτα εναποτίθεται ένα στρώμα CIS τύπου p όπου αντιδρά με ένα πολύ λεπτό στρώμα Θειούχου Καδμίου (CdS) τύπου n το οποίο εναποτίθεται μέσω εναπόθεσης χημικού λουτρού²³. Ακολουθεί μια στρώση από Οξειδίο του Ψευδαργύρου (i-ZnO), το οποίο καλύπτεται από μια πιο παχιά στρώση Αλουμινίου και ολοκληρώνοντας έτσι το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 16-23 %, ανάλογα το υλικό βασικού υποστρώματος όπως διακρίνεται και στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 : Απόδοση φωτοβολταϊκών στοιχείων τύπου CIS.

Υπόστρωμα	Γυαλί	Ατσάλι	Αλουμίνιο	Πολυμερές
Αποδοτικότητα	22,9 %	17,7 %	16,2 %	20,4 %
Ινστιτούτο - Εταιρία	Solar Frontier	Ελβετικό Ομοσπονδιακό Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών	Ελβετικό Ομοσπονδιακό Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών	Ελβετικό Ομοσπονδιακό Εργαστήριο Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών

Τέλος ένα σύγχρονο υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών, είναι το υπόστρωμα οργανικών υλικών. Τα οργανικά φωτοβολταϊκά διαχωρίζονται σε τρεις διαφορετικούς τύπους διατάξεων : οι ηλεκτροχημικές, οι οργανικές και οι πολυμερικές διατάξεις.

Η κατασκευή μέσω ηλεκτροχημικών διατάξεων είναι μια εύκολη διαδικασία καθώς ολόκληρη η κατασκευή του απαρτίζεται από τρία μέρη. Αρχικά, στην κορυφή του φωτοβολταϊκού στοιχείου τοποθετείται μια διαφανής άνοδος (ηλεκτρόδιο) κατά-σκευασμένη από Διοξείδιο του Κασσίτερου σε συνδυασμό με Φθόριο (SnO_2F), το οποίο τοποθετείται στο πίσω μέρος ενός υαλοπίνακα. Στο πίσω μέρος της αγωγίμης πλάκας τοποθετείται ένα λεπτό στρώμα Διοξειδίου του Τιτανίου (TiO_2), το οποίο δεσμεύεται χημικά μέσω της διαδικασίας της σύντηξης. Η συνολική πλάκα βυθίζεται σε ένα μείγμα φωτοευαίσθητης βαφής ρουθηνίου - πολυπυριδυλίου και ενός διαλύτη. Έπειτα κατασκευάζεται μια ξεχωριστή πλάκα η οποία περιέχει ένα λεπτό στρώμα Ιωδιούχου ηλεκτρολύτη απλωμένο πάνω σε ένα αγωγίμο στρώμα (συνήθως πλατίνα). Οι δυο πλάκες ενώνονται και σφραγίζονται μεταξύ τους για την αποφυγή διαρροής του ηλεκτρολύτη, δημιουργώντας έτσι το φωτοβολταϊκό στοιχείο.(Masters)

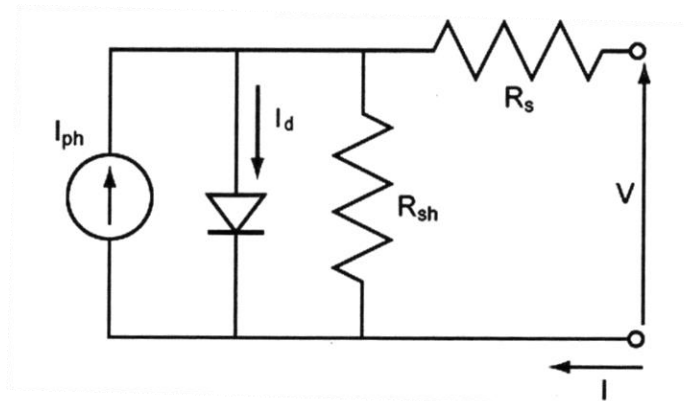
Μια ενδιαφέρουσα κατηγορία υλικών, ως προς την πιθανή χρήση τους σε φωτοβολταϊκές διατάξεις, είναι τα συζυγή πολυμερή (οργανικοί ημιαγωγοί) τα οποία συνδυάζουν τις οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες ενός κλασσικού ημιαγωγού με τις εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες ενός πολυμερούς. Οι σχετικές διατάξεις αναπτύσσονται συνήθως από διάλυμα με διάφορες απλές σε διαδικασία τεχνικές εναπόθεσης όπως με σταγόνες (drop casting), με φυγοκέντριση (spin-coating) και με εκτύπωση (printing), τεχνικές που λειτουργούν σε θερμοκρασίες δωματίου. Παράλληλα, τα πολυμερικά φωτοβολταϊκά δεν εμπεριέχουν υγρά όπως τα αντίστοιχα ηλεκτροχημικά, υγρά τα οποία οδηγούν σε απαίτηση στρωμάτων από εύκαμπτα πλαστικά, τα οποία αναμένεται να οδηγήσουν σε ελάττωση του βάρους αλλά και ανάπτυξη πλήθους σχημάτων που θα επιτρέπουν εξοικονόμηση χώρου.

²³ Διαδικασία Εναπόθεσης μέσω χημικού λουτρού.

Η κατασκευή των σχετικών διατάξεων μπορεί να γίνει και μέσω συνεχούς διαδικασίας τύπου roll-to-roll, η οποία επιτρέπει μεγαλύτερη, οικονομικότερη και μαζικότερη παραγωγή, αφού επιτρέπει την ανάπτυξη διαδοχικών στρωμάτων με την κίνηση του υποστρώματος από περιστρεφόμενα ρολά. (Κουδούμα, Κυμάκη, Σειτανίδου)

3.4.3 Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα.

Ένα φωτιζόμενο φωτοβολταϊκό στοιχείο μπορεί να θεωρηθεί ως πηγή ρεύματος, συνδεδεμένη παράλληλα σε μια δίοδο ρεύματος. Η ιδανική πηγή ρεύματος παράγει ηλεκτρικό ρεύμα ανάλογο με την πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται.



Εικόνα 12 : Απλό Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Υπάρχουν τρία βασικά είδη ρεύματος :

- Το ρεύμα I_{ph} που παράγεται από το φωτιζόμενο φωτοβολταϊκό στοιχείο και θεωρείται ίσο με τα φωτόνια που προσπίπτουν στην επιφάνεια του.
- Το ρεύμα I_d που κυκλοφορεί στην δίοδο και περιγράφεται από την εξίσωση Shockley :

$$\text{Εξίσωση 2 : } I_d = I_0 * (e^{\frac{e_0 V}{kT}} - 1)$$

- Το ρεύμα I που κυκλοφορεί στο κύκλωμα και δίνεται από την σχέση :

$$\text{Εξίσωση 3 : } I = I_{ph} - I_d$$

Όπου I_0 : το ρεύμα κόρου της δίοδου.

I_{ph} : το φωτοηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από το φωτιζόμενο φωτοβολταϊκό στοιχείο.

V : η τάση στα άκρα του φωτοβολταϊκού του στοιχείου.

e_0 : το στοιχειώδες φορτίο του ηλεκτρονίου ($1,602 * 10^{-19}$ Cb).

k : σταθερά Boltzman (1,3806 J/K).

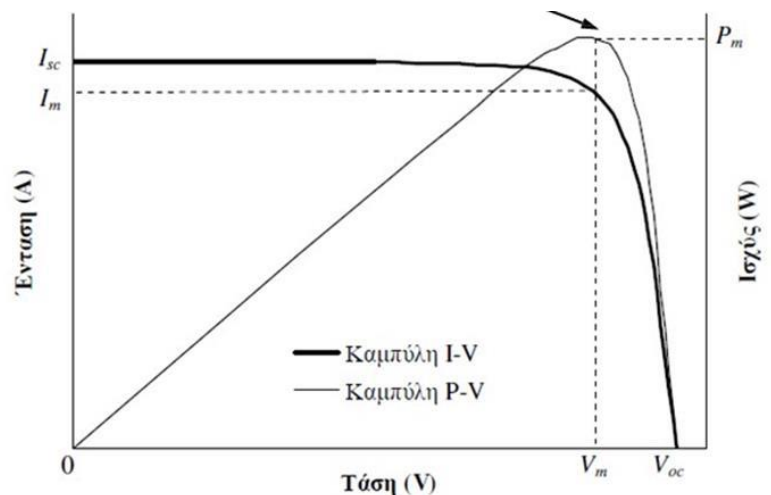
T : η απόλυτη θερμοκρασία.

Στο παραπάνω ηλεκτρικό κύκλωμα διακρίνεται η δίοδος D που βρίσκεται σε παράλληλη διάταξη με το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Κατά αυτό τον τρόπο όταν το φωτοβολταϊκό στοιχείο δεν φωτίζεται λειτουργεί σαν δίοδος, ενώ όταν προσπίπτει ηλιακή ακτινοβολία λειτουργεί και ως πηγή ρεύματος. Η εσωτερική σειριακή ωμική αντίσταση R_s αφορά την αντίσταση που έχει η ίδια η δίοδος καθώς και των αντιστάσεων των μεταλλικών επιφανειών και καλωδίων. Η παράλληλα συνδεδεμένη αντίσταση διαρροής R_p , αφορά τις διαρροές μεταξύ των άκρων της επαφής p-n.

3.4.4 Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας I-V φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Τα δύο κύρια μεγέθη για την χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας είναι η Τάση (V) και το Ρεύμα (I). Η χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας παριστάνει το γράφημα της εξάρτησης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σε συνάρτηση με την τάση που δημιουργείται στα άκρα του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Η καμπύλη λειτουργίας ανα-φέρεται σε ένα φωτιζόμενο φωτοβολταϊκό στοιχείο και είναι το κυριότερο εργαλείο για την λειτουργία του.

Στην Διάγραμμα 1, διακρίνεται ότι το ρεύμα ξεκινά με την μέγιστη τιμή του (I_{sc}) και παραμένει σταθερή για αυξανόμενες τιμές τάσης (μέχρι το σημείο μέγιστης ισχύος), ακολουθώντας μια έντονη μείωση μέχρι η τάση να πάρει την τιμή της Τάσης Ανοιχτο-κύκλωσης (V_{oc}), όπου το ρεύμα μηδενίζεται. Η μέγιστη τιμή ρεύματος ονομάζεται Ρεύμα Βραχυκυκλώματος και είναι η τιμή του ρεύματος όταν η τιμή των αντιστάσεων είναι μηδενική, δηλαδή όταν η Τάση είναι μηδενική.



Διάγραμμα 1 : Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας ενός Φ/Β στοιχείου.

Η ηλεκτρική ισχύς που παράγει το φωτοβολταϊκό στοιχείο, εξαρτάται από το γινόμενο της Τάσης επί του Ρεύματος. Συνεπώς, στην γραφική παράσταση της καμπύλης λειτουργίας θα υπάρχει ένα σημείο, το οποίο θα έχει την μέγιστη τιμή γινομένου (P_{max}).

$$\text{Εξίσωση 4 : } P = I * V$$

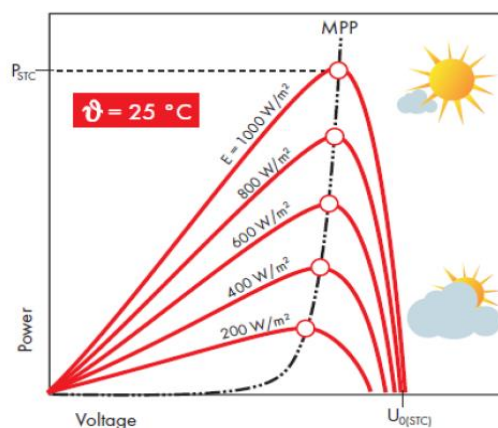
Αυτό το χαρακτηριστικό σημείο λειτουργίας του ονομάζεται Σημείο Μέγιστης Ισχύος (Maximum Power Point) και ορίζεται από τον κατασκευαστή ως το βέλτιστο σημείο λειτουργίας του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Σε αντίθεση με το σημείο Μέγιστης Ισχύος (P_{max}), οι τιμές της Τάσης και του Ρεύματος που αντιστοιχούν σε αυτό είναι η Τάση Μέγιστης Ισχύος (V_{mp}) και το Ρεύμα Μέγιστης Ισχύος (I_{mp}). Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά μεγέθη ορίζεται ο Συντελεστής Πλήρωσης (FF), σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο.

$$\text{Εξίσωση 5 : } FF = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{I_{sc} * V_{oc}}$$

Το κλάσμα του FF, είναι το πηλίκο της Μέγιστης Ισχύος προς τις Μέγιστη Θεωρητικά Ισχύος του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Ο FF είναι ένας δείκτης ποιοτικής σημασίας για ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, καθώς όσο τείνει προς το μέγιστο της τιμής του (μέγιστη τιμή = 1) τόσο μεγαλύτερη η ενεργειακή απόδοση του. (Κατσίγιαννης, Τσούτος)

3.4.5 Εξάρτηση χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας I-V συναρτήσει των περιβαλλοντικών στοιχείων.

Η καμπύλη λειτουργίας I-V για να αποτυπωθεί θα πρέπει ληφθούν υπόψιν δύο βασικοί παράμετροι : την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας G που προσπίπτει στην του φωτοβολταϊκού στοιχείου καθώς και την θερμοκρασία θ της επιφάνειας του. Η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτάται από διάφορα φυσικά και μετεωρολογικά δεδομένα. Δηλαδή, οι καιρικές συνθήκες (αίθριος καιρός, συννεφιασμένος κλπ.) καθώς και η θερμοκρασία περιβάλλοντος μαζί με τα αιωρούμενα σωματίδια, επηρεάζουν την διαμόρφωση της καμπύλης λειτουργίας I-V.

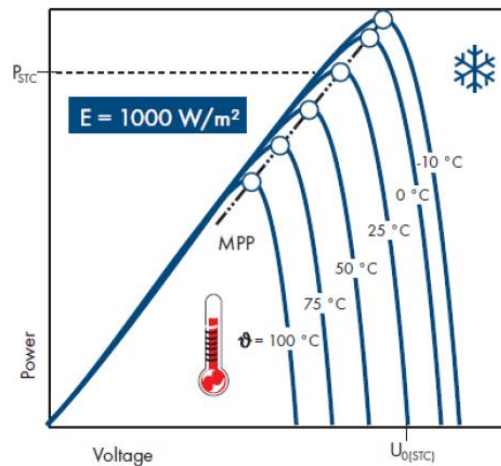


Διάγραμμα 2 : Εξάρτηση της χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας I-V από την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Στο Διάγραμμα 2, διακρίνεται η αλλαγή του MPP σημείου της κάθε καμπύλης για διαφορετική πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Η θερμοκρασία του φωτο-βολταϊκού στοιχείου είναι

σταθερή ($T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) αλλά η επίδραση των καιρικών συνθηκών αλλάζει εντελώς τα επιθυμητά αποτελέσματα ισχύος, καθώς όσο πιο πολλές παρεμβολές υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και δυσκολεύουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας, τόσο μικρότερη ισχύς παράγει το κύκλωμα.

Στην περίπτωση της αύξησης της επιφανειακής θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού στοιχείου για σταθερή πυκνότητα ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία της επιφάνειας του στοιχείου τόσο μειώνεται και η Τάση του. Όταν υπάρχει χιονόπτωση και ακολουθεί ηλιοφάνεια, το φωτοβολταϊκό στοιχείο παράγει την μέγιστη ισχύ του, όπως διακρίνεται και στο Διάγραμμα 3.



Διάγραμμα 3 : : Εξάρτηση χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας I-V από την θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

3.4.6 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Η απόδοση (η) ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι ο δείκτης που συσχετίζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με το ποσό μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Ακριβέστερα, ορίζεται ως το πηλίκο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που μπορεί να προσφέρει το στοιχείο προς την προσπίπτουσα φωτεινή-ηλιακή ισχύ.

$$\text{Εξίσωση 6 : } \eta = \frac{P_m}{G_T * A}$$

Όπου P_m : η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς

G_T : η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνθήκες STC

A : η επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου

Για να μπορούν να συγκριθούν και να είναι αξιόπιστες οι αποδόσεις των φωτοβολταϊκών στοιχείων, θα πρέπει να πραγματοποιούνται οι μετρήσεις υπό κάποιες συνθήκες, τις Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου (Standard Test Conditions). Κατά τις STC θα πρέπει να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις :

- Πυκνότητα ηλιακής ακτινοβολίας : 1000 W/m^2
- Φάσμα ηλιακής ακτινοβολίας : AM 1,5
- Θερμοκρασία φωτοβολταϊκού στοιχείου : $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου εξαρτάται από πολλές παραμέτρους αλλά οι επακόλουθες είναι οι κύριες : το ημιαγώγιμο υλικό κατασκευής του, η πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και η θερμοκρασία περιβάλλοντος και φωτοβολταϊκού στοιχείου. Το ημιαγώγιμο υλικό επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου καθώς η διαφορά που εντοπίζεται ανάμεσα στα ενεργειακά χάσματα, είναι υπεύθυνη για την απορρόφηση των φωτονίων και συνάμα της παραγωγής ισχύος.

Η αύξηση της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου διότι στο εύρος από $0-200 \text{ W/m}^2$, ο βαθμός απόδοσης αυξάνεται σχεδόν κατακόρυφα και έπειτα σταθεροποιείται. Οι επιστήμονες για να επιτύχουν τον μέγιστο βαθμό απόδοσης (σταθερό υψηλό βαθμό απόδοσης), ανέπτυξαν μια τεχνολογία κατάλληλη ώστε να συγκεντρώνει την ακτινοβολία σε ένα συγκεκριμένο σημείο αυξάνοντας έτσι την πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω κατάλληλων υλικών.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος είτε της επιφάνειας του φωτο-βολταϊκού στοιχείου μειώνει την παραγωγή ισχύος, καθώς όσο αυξάνεται η προσπίπτουσα ακτινοβολία στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου, ένα κομμάτι αυτής μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύς και ένα άλλο σε θερμική ενέργεια. Κατά την αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης και μειώνεται η τάση ανοιχτοκύκλωσης.

3.5 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

3.5.1 Εισαγωγή.

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι η βασική μονάδα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι μια κατασκευή που περιέχει πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω κατάλληλων ηλεκτρολογικών διατάξεων. Το πλαίσιο ως κατασκευή απαρτίζεται από το μεταλλικό περίγραμμα, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία και το γυάλινο πάνω μέρος. Τα πλαίσια θα πρέπει να τηρούν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές, ώστε να εξασφαλίζουν τον σωστό τρόπο λειτουργίας τους καθώς και την ασφαλή λειτουργία τους. Οι προδιαγραφές αυτές ορίζονται από τον Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) και θα πρέπει οι κατασκευές να αντέχει σε ακραίες καιρικές συνθήκες ($-40 \text{ }^\circ\text{C} - +85 \text{ }^\circ\text{C}$) καθώς και σε διάφορες μηχανικές αντοχές (βροχή, χιόνι, σκόνη κλπ.). Επιπλέον, οι προδιαγραφές αυτές ορίζουν την ορθή και ασφαλή λειτουργία τους μέσω κατάλληλων εγκεκριμένων υλικών. Οι παραπάνω προϋποθέσεις έγκρισης θα πρέπει να ισχύουν για όλα το κύκλο ζωής της κατασκευής.

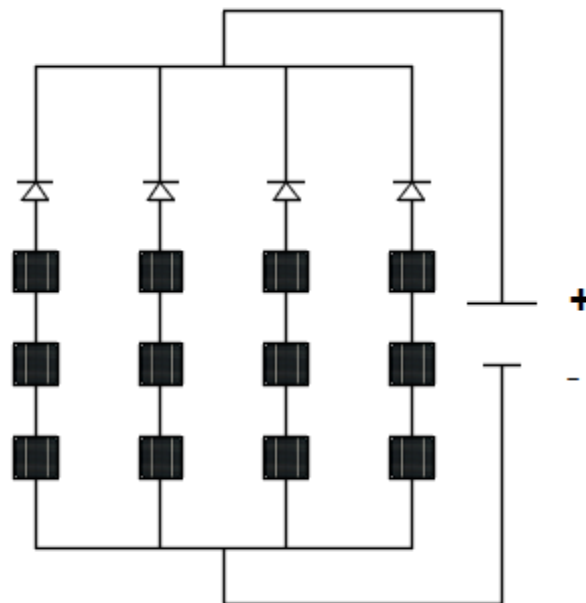
3.5.2 Τάση και ένταση στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Όπως έχει προαναφερθεί, ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο περιέχει ένα συνδυασμό φωτοβολταϊκών στοιχείων συνδεδεμένων μεταξύ τους παράλληλα και σε σειρά. Η σύνδεση τους γίνεται ανάλογα με

τις απαιτήσεις του κατασκευαστή σε τάση, ένταση ρεύματος και Ισχύς. Τα σύγχρονα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν κατά μέσο όρο μέγιστη τάση 50 V και μέγιστη ισχύς περίπου 600 W (Jinko Solar Tiger Pro). Τα πλαίσια με υψηλή τάση συνήθως χρησιμοποιούνται σε συστήματα σε σύνδεση με το δίκτυο (on-grids systems), διότι λόγω του κατάλληλου εξοπλισμού που τοποθετείται με αυτά, η τάση μετατρέπεται σε ισοδύναμη με την τάση δικτύου.

Υπάρχουν όμως και φωτοβολταϊκά πλαίσια με χαμηλή τάση της τάξης των 12 V ή 24 V, διότι στα αυτόνομα συστήματα (off-grids systems) μπορούν να συνδεθούν απευθείας με τις μπαταρίες (off-grids storage systems) και να λειτουργούν χωρίς κάποιο πρόσθετο εξοπλισμό.

Αν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο θεωρηθεί ως ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι συνδεδεμένα παράλληλα μεταξύ τους και σε σειρά σε συνδυασμό με τις διόδους που υπάρχουν μεταξύ των συνδέσεων, για την αποφυγή προβλημάτων απωλειών και θεμάτων ασφάλειας. Αν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο περιέχει 3 στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά μεταξύ τους και σε 4 παράλληλες σειρές. Η απεικόνιση του ηλεκτρικού κυκλώματος διακρίνεται στο Διάγραμμα 4.



Διάγραμμα 4 : Φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους για την δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Κατά την σύνδεση των στοιχείων σε σειρά, το ρεύμα που διαρρέει τα φωτοβολταϊκά στοιχεία παραμένει το ίδιο, ενώ η τάση στα άκρα ισοδυναμεί με το άθροισμα των τάσεων των τριών στοιχείων.

$$\text{Εξίσωση 7 : } V_{\text{τελ}} = 3 * V_{\text{στοιχείου}}$$

Κατά την σύνδεση των στοιχείων παράλληλα, το ρεύμα που διαρρέει τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ισοδυναμεί με το άθροισμα του ρεύματος των τριών στοιχείων, ενώ η τάση στα άκρα παραμένει το ίδιο.

$$\text{Εξίσωση 8 : } I_{\text{τελ}} = 3 * I_{\text{στοιχείου}}$$

3.5.3 Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Ο βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου υπολογίζεται με τον ίδιο τύπο, όπως το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Η απόδοση του εξαρτάται από την θερμοκρασία, την πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και το ημιαγώγιμο υλικό, όπως και στο φωτοβολταϊκό στοιχείο. Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου, υπολογίζεται μέσω διαφόρων διαφορετικών συντελεστών, διότι επηρεάζεται από διάφορες συνθήκες (καιρικές συνθήκες, συνθήκες λειτουργίας κλπ.). Δηλαδή ο τύπος θα είναι :

$$\text{Εξίσωση 9 : } \eta = \eta_{\text{STC}} * \eta_{\text{καθ.}} * \eta_1 * \eta_2 \dots$$

Οπότε, ο πραγματικός βαθμός απόδοσης που θα πρέπει να λαμβάνεται για την τεχνική μελέτη είναι ο παραπάνω. Κατά αυτό τον τρόπο, ο μελετητής δεν θα βρεθεί προ εκπλήξεως για το τελικό αποτέλεσμα της συνολικής ισχύος. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα πλαίσια θα πρέπει κάθε χρόνο να περνούν τον κατάλληλο τεχνικό έλεγχο για την συντήρηση και σωστή λειτουργία τους, να καθαρίζονται τακτικά τους καλοκαιρινούς μήνες για την απομάκρυνση τυχόν ρύπων και σκόνης. Επίσης θα πρέπει να ελέγχονται ανά τακτά διαστήματα για την παρουσία ελαττωμάτων στα φωτοβολταϊκά στοιχεία καθώς και για hotspots (αναλυτικότερη προσέγγιση στην υπό παράγραφο).

3.6 Ηλιακή Γεωμετρία.

Η Ηλιακή Γεωμετρία είναι η αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών. Με τον όρο Ηλιακή Γεωμετρία, μελετά την κίνηση του ήλιου στην περιφορά του γύρω από την Γη (την ελλειπτική τροχιά του) καθώς και το ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει στην Γη.

Η ηλιακή ακτινοβολία μετριέται σε kWh/m²*ημέρα και το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας κυμαίνεται από 1400-1800 kWh/m²*έτος. Για τον υπολογισμό αλλά και την μελέτη της ακτινοβολίας, τοποθετείται μια οριζόντια σταθερή επιφάνεια πάνω στο έδαφος. Για να γίνει ο χωρικός προσδιορισμός της επιφάνειας αυτής, θα πρέπει να οριστούν οι γεωγραφικές συντεταγμένες. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες αναγράφουν το γεωγραφικό μήκος και πλάτος ενός σημείου. Τα δύο προαναφερόμενα στοιχεία μετρούνται σε μοίρες (°). Ο προσδιορισμός του γεωγραφικού πλάτους (φ), γίνεται με σημείο αφετηρίας τον Ισημερινό (φ = 0°) και προσμετρά 90° Βόρεια ή Νότια. Το γεωγραφικό πλάτος ορίζεται μέσω της γωνίας που σχηματίζει η κατακόρυφος του τόπου σε σχέση με το επίπεδο του Ισημερινού. Η γωνία αυτή επηρεάζει την γωνία πρόσπτωσης του Ήλιου.

Το γεωγραφικό μήκος (λ), προσδιορίζεται με σημείο αφετηρίας τον πρώτο Μεσημβρινό και μετρά 180° Ανατολικά ή Δυτικά από αυτό. Ορίζεται μέσω της διέδρης γωνίας που δημιουργείται μεταξύ του μεσημβρινού του τόπου και του πρώτου μεσημβρινού. Το γεωγραφικό μήκος επηρεάζει την ώρα πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Για την μελέτη μιας φωτοβολταϊκής, το πρώτο πράγμα που θα πρέπει να προσδιορίσει ο μελετητής είναι η γωνία θέσης ήλιου καθώς και το ηλιακό δυναμικό του σημείου εγκατάστασης. Η θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο, επηρεάζει κατά πολύ μεγάλο βαθμό την απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Η Γωνία ύψους του ηλίου (α_s), είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της θέσης του ηλίου στον ουράνιο θόλο και του οριζόντιου επιπέδου. Υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση και κυμαίνεται από 0° έως 90° .

$$\text{Εξίσωση 10 : } \sin(\alpha_s) = \sin(\delta) * \sin(\varphi) + \cos(\varphi) * \cos(\omega) = \cos(\theta_z)$$

Η απόκλιση του ηλίου (δ), είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που ενώνει τα κέντρα της Γης και ηλίου και του επιπέδου του Ισημερινού. Η ηλιακή απόκλιση κατά το θερινό ηλιοστάσιο ($21^{\text{η}}$ Ιουνίου) αλλά και κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο ($21^{\text{η}}$ Δεκεμβρίου), παίρνει την μέγιστη τιμή $\delta = 23,45^\circ$. Κατά της ισημερίες την $21^{\text{η}}$ Μαρτίου και $23^{\text{η}}$ Σεπτεμβρίου, η τιμή απόκλισης είναι ίση με $\delta = 0^\circ$. Η θέση του ηλίου κατά την χειμερινή αλλά και θερινή επηρεάζει σημαντικά την απόκλιση του ήλιου. Η τιμή της απόκλισης του ήλιου υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο, όπου D είναι ο αριθμός της ημέρας του έτους με αρχή την $1^{\text{η}}$ Ιανουαρίου.

$$\text{Εξίσωση 11 : } \delta = 23,45^\circ * \sin \left(360 * \frac{D+284}{365} \right)$$

Καθώς ο ήλιος διατρέχει την πορεία του στον ουράνιο θόλο, η γωνία του ύψους του ήλιου και η αζιμούθια γωνία αλλάζει συνεχώς. Η Αζιμούθια γωνία ηλίου (γ_s), ορίζεται ως την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο της κατεύθυνσης του ήλιου σε σχέση με τον τοπικό μεσημβρινό Βορρά-Νότου. Η μέτρηση της γίνεται στο οριζόντιο επίπεδο ανάλογα με το σημείο αφετηρίας. Αν το σημείο αφετηρίας είναι ο Βορράς, τότε μετρείται δεξιόστροφα και κυμαίνεται από 0° έως 360° . Αν το σημείο αφετηρίας είναι ο Νότος, για γωνίες δυτικά του νότου με δεξιόστροφη κατεύθυνση παίρνει θετικές τιμές, ενώ για γωνίες ανατολικά παίρνει αρνητικές τιμές (από -180° έως 180°). Το αζιμούθιο (λέξη αραβικής προέλευσης που σημαίνει κατεύθυνση) είναι ένας σημαντικός συντελεστής κατά την μελέτη εγκατάστασης και μπορεί να η τιμή της κατεύθυνσης του να έχει απόκλιση της τάξης των 5° ανατολικά η δυτικά από το σημείο υπολογισμού.

Το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου, ονομάζεται ζενίθ. Η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της κατεύθυνσης του ηλίου και του τόπου εγκατάστασης (γωνία ζενίθ θ_z), είναι συμπληρωματική της γωνίας ύψους του ήλιου ($\theta_z = 90^\circ - \alpha_s$) και χρησιμοποιείται συνήθως αντί αυτού. Υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο και μέσω αυτού μπορεί να βρεθεί το σημείο που η ακτινοβολία είναι κάθετη προς μια οριζόντια επιφάνεια.

$$\text{Εξίσωση 12 : } \cos(\theta_z) = \cos(\delta) * \cos(\varphi) * \cos(\omega) + \sin(\delta) * \sin(\varphi)$$

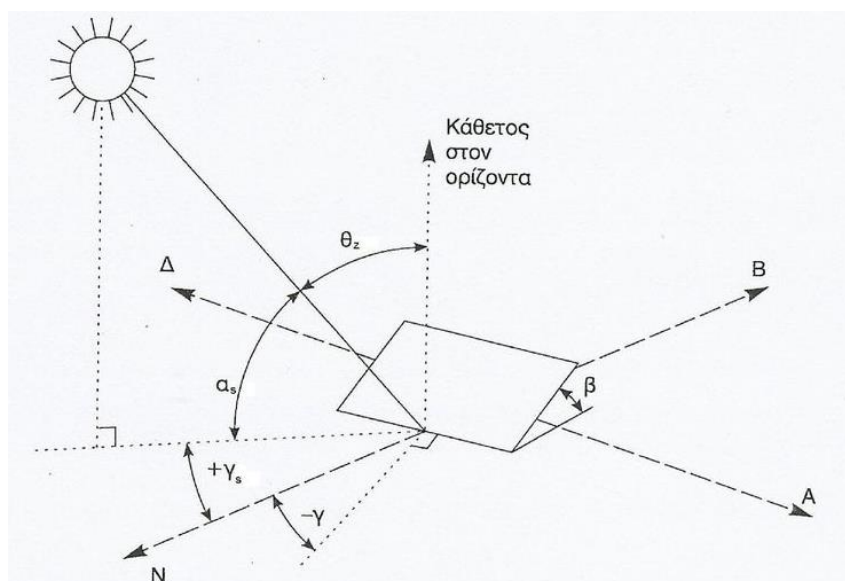
Ένα ακόμη σημαντικό υπολογιστικό δεδομένα για μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, είναι η ωριαία γωνιακή απόκλιση του ήλιου (ω). Ορίζεται ως η γωνία που δείχνει την απόκλιση του ήλιου από την θέση του το μεσημέρι, σε σχέση με την θέση αυτού κατά την ηλιακή μεσημβρία.

$$\text{Εξίσωση 13 : } \omega = (h - 12) * \frac{360}{24} \text{ }^\circ$$

Όλα τα παραπάνω αναφέρονται σε οριζόντιες επιφάνειες, αλλά σε πολλές περιπτώσεις εφαρμόζονται και σε κεκλιμένες επιφάνειες με συγκεκριμένο προσανατολισμό. Στην περίπτωση που τοποθετηθεί μια κεκλιμένη επιφάνεια ως προς το οριζόντιο επίπεδο τότε θα πρέπει να οριστούν δύο ακόμα παράμετροι. Αρχικά θα πρέπει να οριστεί η κλίση της κεκλιμένης επιφάνειας (β) σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Η τιμή της κυμαίνεται από 0° έως 180° και συνδέεται άμεσα με την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Η κλίση της κεκλιμένης επιφάνειας μελέτης επηρεάζεται από το ημισφαίριο στο οποίο τοποθετείται, καθώς στο βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη γωνία κλίσης είναι ίση με το πλάτος ϕ .

Στην Ελλάδα κατά την θερινή περίοδο η βέλτιστη κλίση ισούται με 10° - 15° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος ϕ του τόπου, ενώ την χειμερινή περίοδο 10° - 15° μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος. Οι επιστήμονες έχουν διατυπώσει μια συνθήκη ώστε να υπάρχει ένας γρήγορος και εύκολος τρόπος υπολογισμού της γωνίας κλίσης μιας κεκλιμένης επιφάνειας. Η συνθήκη αναφέρει ότι η βέλτιστη κλίση μια επιφάνειας για μέγιστη απόδοση στην Ελλάδα, ισούται με 7° - 10° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος ϕ του τόπου και με αζιμούθιο 0° .

Η πρόσπτωση της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης, επηρεάζει άμεσα την ένταση της ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως έχει προαναφερθεί και στο θεωρητικό κομμάτι των φωτοβολταϊκών, η ένταση της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει άμεσα την απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου. (Κοσμοπούλος, Περιβολάρης)



Εικόνα 13 : Σχηματική αναπαράσταση των βασικών γωνιών κεκλιμένης επιφάνειας σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

3.6 Εφαρμογές φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

3.7.1 Εισαγωγή.

Τα τελευταία χρόνια λόγω της μεγάλης ανάπτυξης που έχει πραγματοποιηθεί στις ΑΠΕ, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχουν δημιουργήσει ένα πρόσφορο έδαφος για την εγκατάσταση ΑΠΕ με χαμηλό κόστος. Μια σύγχρονη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση κοστίζει περίπου από 800 €/kW_{εγκατεστημένο} έως 1000 €/kW_{εγκατεστημένο}. Η χαμηλή τους τιμή για κάθε εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) τα κάνει προσιτά στο μεγαλύτερο εύρος των επενδυτών, με αποτέλεσμα να είναι μια μεγάλης κλίμακας εγκατεστημένη τεχνολογία.

Οι πρώτες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που δημιουργήθηκαν, είχαν απώτερο σκοπό την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Έπειτα από λίγα χρόνια, οι ενεργειακές ανάγκες των ανθρώπων καθώς και των βιομηχανιών μεγάλωσαν, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν την παραγόμενη για θέρμανση-ψύξη χώρων αλλά και για την αποθήκευση της. Πλέον οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις κατέχουν μια μεγάλη γκάμα για την εκμετάλλευση της παραγόμενης ενέργειας.

3.7.2 Σύνδεση με το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

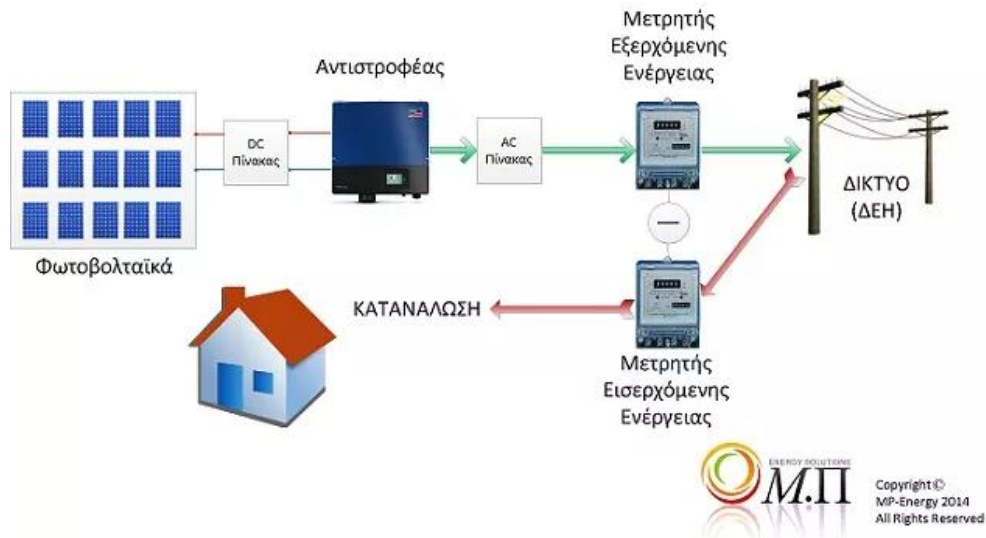
Τα σύγχρονα μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν δημιουργηθεί με κύριο σκοπό την εισαγωγή της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η έκχυση της ενέργειας στο δίκτυο διαφέρει ανάλογα με την τάση εξόδου της εγκατάστασης. Υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας, το Δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ) και το Δίκτυο Υψηλής Τάσης (Υ.Τ).

Το Δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ), είναι το δίκτυο στο οποίο μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια στα κτίρια με χαμηλή κατανάλωση και στα σπίτια. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι ότι η τάση είναι στα 230 V και η συχνότητα 50 Hz. Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά τα επίπεδα γίνεται μέσω του υποσταθμού διανομής (μετασχηματιστής), ο οποίος δέχεται ηλεκτρική ενέργεια μέσω του δικτύου Μέσης Τάσης (15 - 20 kV).

Το Δίκτυο Υψηλής Τάσης (Υ.Τ), είναι το δίκτυο στο οποίο μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια στα κτίρια με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι ότι η τάση είναι στα 150 kV. Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτά τα επίπεδα γίνεται μέσω του υποσταθμού διανομής (μετασχηματιστής), ο οποίος δέχεται ηλεκτρική ενέργεια μέσω του δικτύου Υπερύψηλης Τάσης (400 kV). Το δίκτυο Υπερύψηλης Τάσης (Υ.Υ.Τ) διοχετεύει ηλεκτρική ενέργεια, την οποία παίρνει απευθείας από το εργοστάσιο- μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.(Θεοδοσόπουλος)

Σύμφωνα με τα παραπάνω ανάλογα με την έξοδο ενέργειας της εγκατάστασης, η παραγόμενη ενέργεια εκχέεται και στο ανάλογο δίκτυο. Ο τρόπος σύνδεσης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το δίκτυο είναι απλός και διακρίνεται στην Εικόνα 14.

Όπως διακρίνεται στην Εικόνα 14, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδέονται με τον αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας (inverter) είναι μια συσκευή, η οποία μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο ή από συνεχές ρεύμα σε συνεχές.



Εικόνα 14 : Τρόπος σύνδεσης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

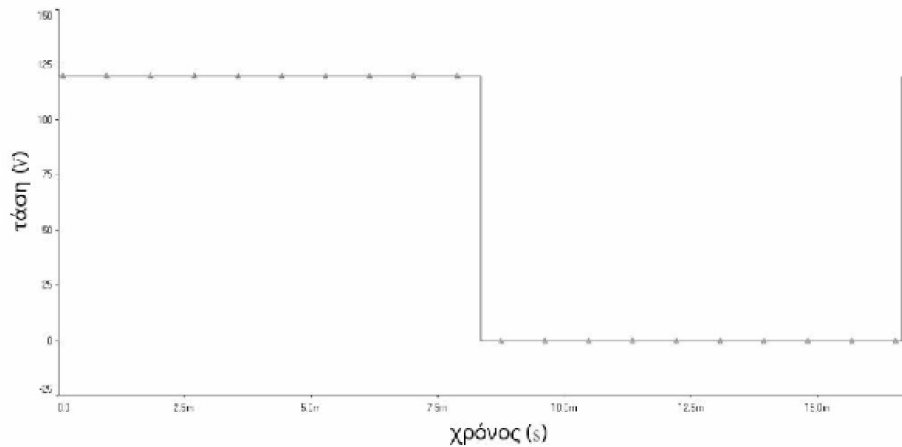
Μέσω του κατάλληλου ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που περιέχει, μπορεί να μετατρέψει μια υψηλή τιμή τάσης και ρεύματος, σε τιμές λειτουργίας δικτύου ηλεκτροδότησης ($V = 230\text{ V}$ ή 400 V , για μονοφασική ή τριφασική σύνδεση, αντίστοιχα). Η συσκευή αυτή μπορεί να θεωρηθεί και ως η καρδιά του συστήματος μαζί με τα πλαίσια, καθώς μέσω αυτής ο μελετητής θα επιλέξει την ισχύ που θα δώσει στο δίκτυο η εκάστοτε εγκατάσταση.

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αντιστροφέα είναι τα εξής : έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης (95 % και άνω), έχουν μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας ($-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) καθώς και υψηλό βαθμό απόδοσης στην αντοχή σε σκόνη και υγρασία. Κατά την τοποθέτησή τους, ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψιν του τον καλό αερισμό που απαιτείται για την ορθή λειτουργία τους, αλλά και την κάλυψή τους από έντονα καιρικά φαινόμενα.

Οι αντιστροφείς χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με την φάση εξόδου (Μονοφασικοί ή Τριφασικοί) και ανάλογα με τον τύπο διαμόρφωσης (Τετραγωνικού παλμού, Διαμόρφωσης πλάτους παλμού, Ημιτονοειδής διαμόρφωσης πλάτους παλμού). Οι Μονοφασικοί και Τριφασικοί αντιστροφείς, παίρνουν μονοφασικό ρεύμα από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και το διατηρούν είτε σε μονοφασικό με αλλαγή εύρους τάσης είτε το μετατρέπουν σε τριφασικό με συγκεκριμένο εύρος τάσης.

Η ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος προς το ηλεκτρικό δίκτυο συνδέεται με την αρμονική παραμόρφωση του παραγόμενου ρεύματος και τον συντελεστή ισχύος. Η ισχύς θα πρέπει να μεταφέρεται με συντελεστή ισχύος όσο το δυνατόν κοντά στην μονάδα, ώστε η άεργος ισχύς του σταθμού να είναι μηδενική και επιπλέον οι κυματομορφές τάσης και ρεύματος θα πρέπει να είναι σχεδόν ημιτονοειδούς μορφής, ώστε να μην υπάρχουν ανεπιθύμητες αρμονικές στο ηλεκτρικό δίκτυο της ΔΕΗ.

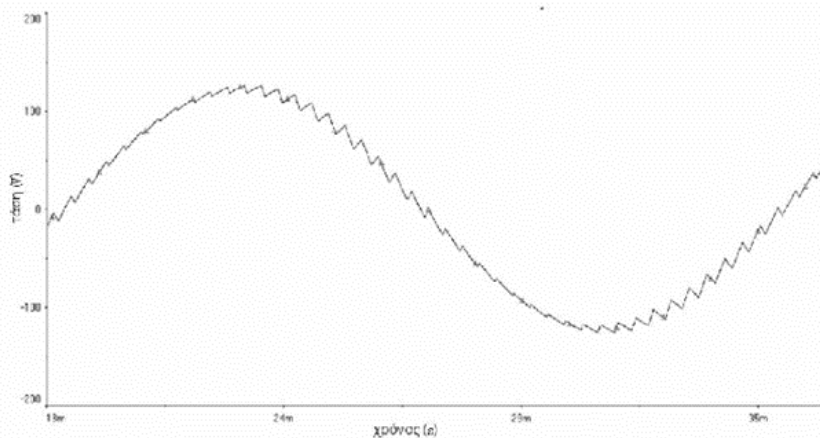
Στον αντιστροφέα τετραγωνικού παλμού, πραγματοποιείται μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο μέσω ηλεκτρονικών ισχύος, τα οποία μεταβάλλουν την τάση στο φορτίο έτσι ώστε το σήμα μας να μιμείται το AC ρεύμα. Οι αντιστροφείς που παράγουν τετράγωνο στην έξοδο δεν χρησιμοποιούνται πλέον λόγω της φύσης και του σχεδιασμού των φορτίων, αλλά αποτελούν την βάση στην οποία στηρίχθηκαν οι μελλοντικοί αντιστροφείς.



Εικόνα 15 : Τετραγωνικός παλμός εξόδου κατά την έξοδο του αντιστροφέα.

Οι αντιστροφείς διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM) είναι η πιο κοινή και αποτελεσματική τεχνική για την παραγωγή ψηφιακών ημιτονοειδών σημάτων. Η τεχνική PWM περιλαμβάνει την παραγωγή ψηφιακής κυματομορφής για την οποία ο βαθμός εργασίας μεταβάλλεται ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι ένα σήμα που προσδιορίζει το ημίτονο.

Αυτό το σήμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγχει τα διακοπτικά στοιχεία, τα οποία συνδέονται σε διαύλους μεγαλύτερης τάσης, ώστε τελικά να υπάρξει πλήρη αντιγραφή του σήματος με το επιθυμητό πλάτος. Εάν το σήμα περάσει από ένα LC φίλτρο, το PWM σήμα θα μοιάζει περισσότερο με την ημιτονοειδή καμπύλη.



Εικόνα 16 : Τελικό σήμα PWM μετά την εξομάλυνση του φίλτρου.

Η ενέργεια ακολουθεί την πορεία προς τον πίνακα εναλλασσόμενου ρεύματος που μέσω κατάλληλων διατάξεων, οδεύει προς τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας μετρά την ημερήσια-νυχτερινή κατανάλωση, την συνολική κατανάλωση και την συνολική παραγωγή ενέργειας. (Κόλλιας, Αγγελόπουλος)

3.7.3 Ενεργειακός συμψηφισμός (Net-metering).

Η ενέργεια που εκχέεται στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας ως επί το πλείστον, συμψηφίζεται με αυτή της ιδιοκατανάλωσης του υπάρχοντος ιδιοκτήτη-ρολογιού. Δηλαδή, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση εκχέεται στο δίκτυο και αφαιρείται από την καταναλισκόμενη ενέργεια του ρολογιού. Η αμφίδρομη σχέση μεταξύ της παραγόμενης και καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, υπολογίζει την διαφορά μεταξύ των ποσών αυτών και δίνει στον χρήστη το επιπλέον ποσό κατανάλωσης ενέργειας.

Η παραπάνω διαδικασία ονομάζεται ενεργειακός συμψηφισμός και έχει ως σκοπό του την δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ από διαφορετικούς παραγωγούς, αλλά και την υποβοήθηση του δικτύου σε ώρες αιχμής. Στην περίπτωση που το ρολόι καταμέτρησης της κτηριακής εγκατάστασης παίρνει ενέργεια από το δίκτυο, και το ρολόι καταμέτρησης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης δίνει ενέργεια στο δίκτυο, τότε υπάρχει ταυτοχρονισμός.

Για την πραγματοποίηση του ενεργειακού συμψηφισμού θα πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω όροι :

- I. Η ύπαρξη ενεργού μόνιμης παροχής ρεύματος στο όνομα του αυτοπαραγωγού μέσω της οποίας τροφοδοτείται η εγκατάσταση κατανάλωσής του.
- II. Το φωτοβολταϊκό σύστημα αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με έναν μετρητή κατανάλωσης, δηλαδή με τον μετρητή της εγκατάστασης κατανάλωσης την οποία τροφοδοτεί.
- III. Το φωτοβολταϊκό σύστημα εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης προς την οποία αντιστοιχίζεται (δεν είναι επιτρεπτός ο συμψηφισμός με καταναλώσεις του ίδιου φυσικού ή νομικού προσώπου σε άλλες θέσεις εγκατάστασης, με εξαίρεση τις κατηγορίες αυτοπαραγωγών για τους οποίους ισχύει ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός).
- IV. Ο ενδιαφερόμενος έχει τη νόμιμη χρήση του χώρου εγκατάστασης του συστήματος.

Για τον υπολογισμό του ενεργειακού συμψηφισμού, θα πρέπει να υπάρχουν ως δεδομένα οι μέρες κατανάλωσης του κτηρίου, η μέγιστη ζήτηση φορτίων καθώς και το ποσό της ετήσιας καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο πρώτος υπολογισμός που θα πρέπει να γίνει, είναι η εύρεση του συνημίτονου φ του ρεύματος που εκχέεται στο δίκτυο. Για τον υπολογισμό του θα πρέπει να υπάρχουν ως δεδομένα οι Άεργός και Ενεργός ημέρες. Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο.

$$\text{Εξίσωση 14 : } \cos \varphi = \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{\text{Άεργός}}{\text{Ενεργός}} \right)^2} \right]^{1/2}$$

Ο επόμενος υπολογισμός, είναι η εύρεση του συντελεστή χρησιμοποίησης. Ο συντελεστής χρησιμοποίησης αναφέρει το ποσό χρήσης της εγκατάστασης σε σχέση με το ποσό κατανάλωσης. Μεγάλος συντελεστής χρησιμοποίησης αντιστοιχεί σε υψηλό βαθμό απόδοσης, ενώ χαμηλός συντελεστής αντιστοιχεί σε χαμηλό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης. Σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο υπολογίζεται ο συντελεστής χρησιμοποίησης.

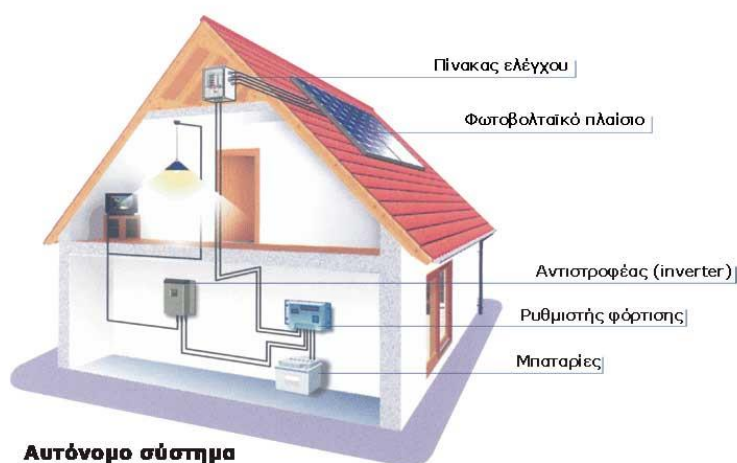
$$\text{Εξίσωση 15 : Συντελεστής Χρησιμοποίησης} = \frac{\text{Κατανάλωση Περιόδου (kWh)}}{24 \cdot \text{ημερες περιόδου καταναλωσης} \cdot \text{KMZ}}$$

Η διάρκεια σύμβασης του ενεργειακού συμφητισμού είναι 25 έτη και ο συμφητισμός της κατανάλωσης θα γίνεται ανά τρία έτη. Η κοστολογημένη τιμή της εγγεόμενης ενέργειας στο δίκτυο, ισούται με το κόστος πώλησης ενέργειας από τον πάροχο. (HELAPCO)

3.7.4 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.

Μια ακόμη εφαρμογή των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, είναι η παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας μέσω των μπαταριών. Κατά αυτό τον τρόπο η παραγόμενη ενέργεια αποθηκεύεται και καταναλώνεται ανάλογα με τα φορτία της εγκατάστασης. Τα συστήματα αυτά συνήθως είναι πιο κοστοβόρα καθώς περιέχουν περισσότερες τεχνολογίες, αλλά είναι πιο λειτουργικά καθώς ακόμα και σε διακοπή ρεύματος δίνεται ενέργεια στις συσκευές.

Το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα περιέχει σχεδόν τις ίδιες συσκευές, με μόνη διαφορά την μεταφορά της ενέργειας στον ρυθμιστή φόρτισης και μετά ακολουθεί ο αντιστροφέας. Το διάγραμμα ενός αυτόνομου συστήματος διακρίνεται στην Εικόνα 18.



Εικόνα 17 : Διάγραμμα απεικόνισης συσκευών αυτόνομου συστήματος.

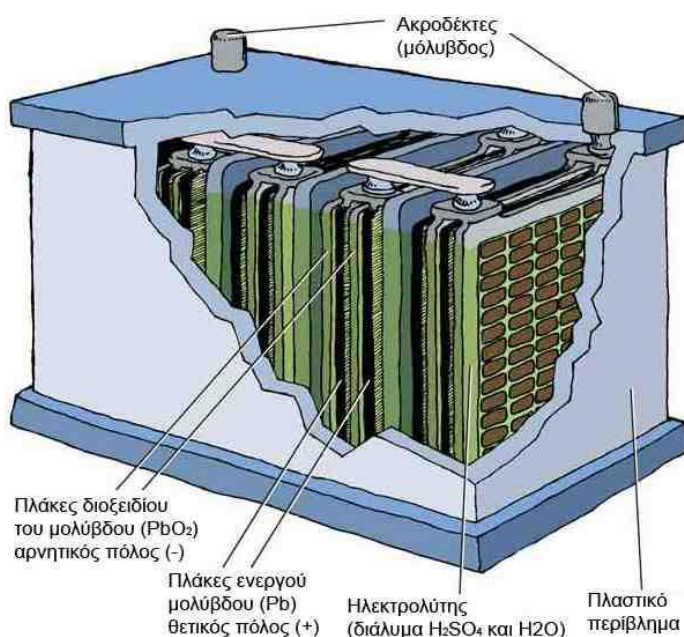
Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι η συσκευή που φροντίζει για τη σωστή φόρτιση των μπαταριών ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και τη σταματάει όταν έχει φορτίσει εντελώς, ώστε να μην προκληθεί κάποια βλάβη στην μπαταρία. Είναι υπεύθυνος για την σωστή λειτουργία του συστήματος και για την σωστή κατανομή των φορτίων. Δηλαδή μπορεί να προσαρμόσει την τάση του συστήματος με αυτόματο τρόπο και την προστασία της τάσης ανοιχτοκύκλωσης.

Η σύνδεση του ρυθμιστή φόρτισης με την μπαταρία, είναι αλληλένδετη. Κατά αυτόν τον τρόπο η μια συσκευή λειτουργεί μέσω της άλλης. Οι μπαταρίες είναι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας καθώς και πηγές τροφοδότησης συστημάτων. Η αποθήκευση της ενέργειας πραγματοποιείται μέσω μιας φυσικοχημικής διεργασίας που λαμβάνει χώρο στην μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική ενέργεια. Οι μπαταρίες (ηλεκτρικοί συσσωρευτές) περιέχουν ένα ή πολλά ηλεκτρικά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα μεταξύ τους, ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ τους.

Το ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο αγώγιμες πλάκες (ηλεκτρόδια) διαφορετικών υλικών κατασκευής, βυθισμένο σε ένα αγώγιμο υγρό (ηλεκτρολύτης). Η χημική αντίδραση μεταξύ του υγρού και των ηλεκτροδίων, επιτρέπει την διέλευση ηλεκτρονίων από το ένα ηλεκτρόδιο στο άλλο, μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος.

Για την φόρτιση της μπαταρίας θα πρέπει να διαπερνά από αυτήν συνεχές ρεύμα. Η μπαταρία αποτελείται από τρία βασικά συστατικά:

- το θετικό ηλεκτρόδιο, το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποδοχή ηλεκτρονίων από το εξωτερικό κύκλωμα.
- το αρνητικό ηλεκτρόδιο, το οποίο είναι υπεύθυνο για την παραχώρηση ηλεκτρονίων στο εξωτερικό κύκλωμα και οξειδώνεται κατά την διάρκεια της ηλεκτροχημικής αντίδρασης.
- Τον ηλεκτρολύτη, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την μεταφορά του φορτίου (σε μορφή ιόντων) μέσα στο στοιχείο ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια.



Εικόνα 18 : Τομή μπαταρίας μολύβδου με επεξήγηση των επιμέρων στοιχείων της.

Στο εμπόριο υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι μπαταριών, οι οποίοι ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας τους αλλά και των υλικών κατασκευής τους. Στον Πίνακα διακρίνονται οι διάφοροι τύποι μπαταριών ανάλογα με τα υλικά κατασκευής τους, καθώς και κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά τους. (Κατσίγιαννης)

Πίνακας 2 : Βασικά χαρακτηριστικά μπαταριών ανά υλικό κατασκευής ηλεκτροδίων.

Τύπος μπαταρίας	Ειδική ενέργεια (Wh/kg)	Πυκνότητα ενέργειας (Wh/L)	Ειδική ισχύς (W/kg)	Ονομαστική τάση κυψέλης (V)
Μολύβδου-οξέος	30	75	250	2.0
Νικελίου-καδμίου	50	80	150	1.2
Νικελίου-μεταλλικού υδριδίου	65	150	200	1.2
Λιθίου-ιόντος	90	150	300	3.6
Ψευδαργύρου-αέρα	230	270	105	1.65

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος πρωτοεμφανίστηκαν το 1860 από τον Raymond Gaston Plante. Ο τρόπος δημιουργίας τους στηρίζεται στην κατασκευή ενός μεμονωμένου στοιχείου, το οποίο περιέχει ένα θετικό ηλεκτρόδιο κατασκευασμένο από διοξειδίο του μολύβδου (PbO_2) και αρνητικό ηλεκτρόδιο κατασκευασμένο από μια εξαιρετικά πορώδη μεταλλική πλάκα μολύβδου. Και τα δύο βρίσκονται πλήρως βυθισμένα εντός ενός ηλεκτρολύτη θειικού οξέος.

Οι μολύβδου-οξέος χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, με το αν είναι σφραγισμένοι ή μη. Οι μπαταρίες ανοικτού τύπου χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, τις SLI (starting-lighting-ignition) και τις μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης. Οι SLI (εκκίνησης-φωτισμού-ανάφλεξης) έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν βαθιές εκφορτίσεις και πρακτικά θα παύσουν να λειτουργούν έπειτα από λίγους κύκλους πλήρης φόρτισης. Κατά την διάρκεια εκκίνησης τους, χρειάζεται να παρέχουν πολύ υψηλό ρεύμα (400-600 A) για μερικά δευτερόλεπτα. Οι συσσωρευτές αυτοί με καθημερινές εκφορτίσεις, βάθους λιγότερο του 25 % περίπου, μπορούν να επιτύχουν εκατοντάδες κύκλους λειτουργίας (2-3 χρόνια λειτουργίας). Ο ηλεκτρολύτης στο εσωτερικό τους περιέχει ένα ασθενές διάλυμα θειικού οξέος και νερού.

Στο τέλος του κύκλου φόρτισης, μπορεί να υπάρξει αύξηση της τάσης για να επιτευχθεί ηλεκτρόλυση. Κατά την ηλεκτρόλυση, εκλύονται δυνητικά επικίνδυνα αέρια υδρογόνου και οξυγόνου. Για τον λόγο αυτό, οι μπαταρίες τέτοιου τύπου ονομάζονται και ανοικτού τύπου καθώς μπορούν να εκλύουν τα αέρια εκτός δοχείου μπαταρίας και να κρατούν στα απαιτούμενα επίπεδα το νερό εντός αυτών.

Οι μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης περιέχουν παχύτερες πλάκες στο εσωτερικό τους και είναι τοποθετημένες σε μεγαλύτερα δοχεία σε σχέση με τις SLI. Τα μεγαλύτερα δοχεία χρησιμοποιούνται για την μεγαλύτερη ποσότητα ηλεκτρολύτη που θα πρέπει να υπάρχει στο εσωτερικό του δοχείου, για την αποφυγή της αποκάλυψης των πλακών λόγω της εξάτμισης του νερού. Στο δοχείο περιέχουν ειδικές βαλβίδες για την ανακύκλωση των αερίων που εκλύονται εντός του συσσωρευτή. Ο ηλεκτρολύτης μπορεί να περιέχει silica gel, το οποίο καθιστά αδύνατον να χυθεί ο ηλεκτρολύτης σε περίπτωση σπασίματος της μπαταρίας. Αυτού του τύπου οι συσσωρευτές, είναι σχεδιασμένοι να εκφορτίζονται συνεχώς μέχρι βάθους χωρητικότητας 80% χωρίς επιπτώσεις (για λίγους κύκλους λειτουργίας). (Masters)



Εικόνα 19 : Συσσωρευτές μολύβδου οξέος βαθιά εκφόρτισης (αριστερά) και συσσωρευτές τύπου SLI (δεξιά).

Μια άλλη κατηγορία μπαταριών, είναι αυτές που περιέχουν νικέλιο. Οι συγκεκριμένη κατηγορία μπαταριών είναι η πιο σύγχρονη, καθώς έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό λόγω της αυτοκινητοβιομηχανίας. Οι μπαταρίες νικελίου έχουν εισαχθεί σε μεγάλο βαθμό στις σύγχρονες τεχνολογίες και τείνουν να γίνουν οι μπαταρίες του μέλλοντος. Αυτό γίνεται διότι σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τους, έχουν λάβει εφαρμογή σε κάθε σχεδόν ηλεκτροκίνητη κατασκευή. Χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με τα στοιχεία κατασκευής τους, τις μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου (Ni-MH) και τις μπαταρίες ιόντων λιθίου.

Οι μπαταρίες νικελίου-υδριδίου μετάλλου, είναι η επόμενη γενιά μπαταριών νικελίου-καδμίου. Είναι επαναφορτιζόμενες και έχουν ακόμα μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα (1,7 φορές μεγαλύτερη) από εκείνη των μπαταριών μολύβδου. Είναι κατασκευασμένες από 17,9 % κατά βάρος Νικέλιο, 4,4 % κατά βάρος Κοβάλτιο και 17,3 % κατά βάρος από συστατικά σπάνιων γαιών. Αποτελείται από ένα θετικό ηλεκτρόδιο, που αποτελείται από οξυ-υδροξείδιο του Ni και το αρνητικό ηλεκτρόδιο που αποτελείται από ένα κράμα που έχει την ικανότητα να απορροφά το υδρογόνο. Το θετικό ηλεκτρόδιο είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή ενός πρωτονίου κατά την αντίδραση φόρτισης-εκφόρτισης, με αποτέλεσμα την πολύ μικρή αλλαγή στο μέγεθος και το υψηλό επίπεδο μηχανικής σταθερότητας που με την σειρά του έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο κύκλο ζωής. Τα ηλεκτρόδια είναι βυθισμένα σε υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (ηλεκτρολύτης) το οποίο έχει υψηλή αγωγιμότητα. (Ri-Battery)



Εικόνα 20 : Μπαταρία Ni-MH ηλεκτρικού αυτοκινήτου (αριστερά) και μπαταρία Li-Io του Tesla Model S (δεξιά).

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου έχουν μελετηθεί κατάλληλα ώστε να έχουν μικρό όγκο με μεγάλη χωρητικότητα. Το θετικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από οξειδίο λιθίου-κοβαλτίου (LiCoO_2) ή από φωσφορικό άλας λιθίου σιδήρου, ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο από γραφίτη. Ο ηλεκτρολύτης ποικίλει από μπαταρία σε μπαταρία. Οι υγροί ηλεκτρολύτες στις μπαταρίες ιόντων λιθίου αποτελούνται από άλατα λιθίου, όπως το LiPF_6 , LiBF_4 ή LiClO_4 σε οργανικό διαλύτη, όπως ανθρακικό αιθυλένιο, ανθρακικό διμεθύλιο και ανθρακικό διαιθύλιο. Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας, είναι το υψηλό κόστος καθώς και η ασφάλεια της.

Άλλη μια κατηγορία μπαταριών είναι οι μπαταρίες ψευδαργύρου-αέρα (Zinc Air). Είναι μια ανερχόμενη και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία, καθώς κρίνονται κατάλληλες για χρήση σε εγκαταστάσεις ΑΠΕ. Η αρχή λειτουργίας της συγκεκριμένης τεχνολογίας, χρησιμοποιεί την χημική αντίδραση μετατροπής του οξειδίου του ψευδαργύρου σε ψευδάργυρο και οξυγόνο. Αυτή η ηλεκτροχημική αντίδραση παράγει ψευδάργυρο που χρησιμεύει ως μορφή αποθήκευσης ενέργειας.

Στη διαδικασία εκφόρτισης, το σύστημα συσσωρευτών μετατρέπει την ηλεκτροχημική ενέργεια από τον ψευδάργυρο συνδυάζοντας (οξειδώνοντας) τον ψευδάργυρο με οξυγόνο από τον αέρα, δημιουργώντας ηλεκτρόνια. Έτσι, ο κύκλος είναι από ηλεκτρισμό που παράγεται από πολλαπλές πηγές, σε αποθήκευση ψευδαργύρου, μέσω ηλεκτροχημικής αντίδρασης, και στη συνέχεια, σε ηλεκτρόνια που οδηγούν στη μετάδοση ηλεκτρισμού. (Nat-Energy ECOPRESS)



Εικόνα 21 : Μπαταρία ψευδαργύρου-αέρα της εταιρίας NantEnergy.

Οι μπαταρίες για την ορθή λειτουργία τους, θα πρέπει να τοποθετούνται σε κλειστούς χώρους με ελάχιστη υγρασία καθώς και θερμοκρασία χώρου ίση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος ($25\text{ }^\circ\text{C}$). Οι συνθήκες αυτές βοηθούν την μπαταρία να λειτουργεί σωστά αλλά και να διατηρεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αναλλοίωτα. Κατά την αύξηση της θερμοκρασίας για κάθε $10\text{ }^\circ\text{C}$ πάνω από τη βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας των $25\text{ }^\circ\text{C}$, μπορεί να υπάρξει μείωση της διάρκειας ζωής του συσσωρευτή έως και 50 %.

Για τις μπαταρίες υπάρχουν τέσσερα βασικά μεγέθη μέτρησης και είναι τα εξής : η ονομαστική χωρητικότητα ενός συσσωρευτή (C_N), το βάθος εκφόρτισης ενός συσσωρευτή (β), η ενεργός αξιοποιήσιμη χωρητικότητα ενός συσσωρευτή (E) και ο συντελεστής απόδοσης συσσωρευτή (α).

Η ονομαστική χωρητικότητα ενός συσσωρευτή, ορίζεται το ποσό της ενέργειας που αποθηκεύει και μετρείται σε Αμπερώρια (Ah). Το ποσό αυτό δίνεται από τον εκάστοτε κατασκευαστή συνήθως. Μέσω του γινόμενου αυτού και της ονομαστικής τάσης, μπορεί να υπολογισθεί η ονομαστική ικανότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (kWh).

Το βάθος εκφόρτισης του συσσωρευτή, ορίζεται ως το ποσοστό ενέργειας που μπορεί να δώσει στο σύστημα, χωρίς να υποστεί κάποια βλάβη αυτός. Ο εκάστοτε κατασκευαστής θα πρέπει να αναγράφει το ποσοστό αυτό στο τεχνικό φυλλάδιο της μπαταρίας. Το ποσοστό μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας και μπορεί να φτάσει και έως 100 %.

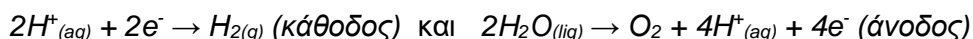
Ο συντελεστής απόδοσης των συσσωρευτών ορίζεται από το πηλίκο της μέγιστης ποσότητας ενέργειας που ανακτάται προς τη ποσότητα που είχε απορροφηθεί από τη Φ/Β γεννήτρια (Εφ). Μέσω του συντελεστή αυτού, ο μελετητής είναι σε θέση να γνωρίζει τις πρόσθετες απώλειες του συστήματος. (Κατσιγιαννης)

3.7.5 Συμπαραγωγή ηλεκτρισμού-υδρογόνου.

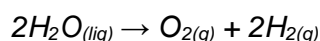
Μια σύγχρονη μέθοδος εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας, είναι η παραγωγή υδρογόνου. Για την παραγωγή υδρογόνου χρειάζεται γίνει ηλεκτρόλυση στο νερό, ώστε να διασπαστεί το νερό σε οξυγόνο και υδρογόνο. Για να γίνει η διάσπαση του νερού, χρειάζονται μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατά την ηλεκτρόλυση, στην κάθοδο ιόντα υδρογόνου (πρωτόνια) ανάγονται σε υδρογόνο ενώ στην άνοδο το νερό οξειδώνεται σε οξυγόνο και πρωτόνια. Μετά την ηλεκτρόλυση, το οξυγόνο και το υδρογόνο αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές (θα πρέπει να αποθηκεύονται σε συγκεκριμένες συνθήκες). Ακολουθεί η καύση μέσω της κυψέλης καυσίμου, η οποία κατά την διέλευση του υδρογόνου και την αντίδραση του με το οξυγόνο παράγει ενέργεια.

Οι διεργασίες αυτές περιγράφονται αντίστοιχα από τις παρακάτω αντιδράσεις, οι οποίες μας δίνουν το συνολικό μηχανισμό της ηλεκτρόλυσης :



↓



Θεωρητικά 1,23 V εφαρμοζόμενης τάσης αρκούν για τη διεξαγωγή της ηλεκτρό-λυσης, πρακτικά όμως χρειάζεται περισσότερη τάση (1,55 V με 1,65 V). Η αντίδραση της καθόδου, εμπλέκει 4 ηλεκτρόνια και η οξείδωση πραγματοποιείται μέσω μιας σειράς ενδιάμεσων προϊόντων. Σε αυτό οφείλεται η ανάγκη επιπλέον τάσης καθώς η όλη διαδικασία χαρακτηρίζεται από αργό κινητικό μηχανισμό. Η χρήση καταλύτη βοηθάει στη μείωση αυτής της τάσης και επιταχύνει τη διαδικασία. Ένας ιδανικός καταλύτης για την οξείδωση του νερού θα πρέπει να εξισορροπεί την απαιτούμενη ενέργεια του κάθε ενδιάμεσου βήματος και επίσης να εξισορροπεί τους ρυθμούς μεταφοράς κάθε ηλεκτρονίου.

Η απευθείας ηλεκτρόλυση νερού μέχρι και τη δεκαετία του '50 είχε ευρεία χρήση στην παραγωγή υδρογόνου. Σήμερα, ένα μικρό ποσοστό υδρογόνου παράγεται κατά αυτόν τον τρόπο σε εφαρμογές κυρίως όπου χρειάζεται μικρός όγκος καθαρού υδρογόνου. Ωστόσο παράλληλα παρατηρείται μια αναγέννηση του ενδιαφέροντος με την κατασκευή ολοκληρωμένων συστημάτων ηλεκτρολυτών σε συνδυασμό με εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακής ή αιολικής).

Πλέον, το υδρογόνο χρησιμοποιείται και ως «συσσωρευτής». Κατά αυτό τον τρόπο, όταν γίνει καύση του αποθηκευμένου υδρογόνου (αντίδραση με κυψέλη καυσίμου) παράγεται ηλεκτρική ενέργεια και νερό. Οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως εφεδρική πηγή ενέργειας.



Εικόνα 22 : Σύστημα παραγωγής υδρογόνου.

3.7.6 Σταθμοί φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Τα τελευταία πέντε έτη, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών για την δημιουργία σημείων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Λόγω της αυξημένης μελέτης και ανάπτυξης των υβριδικών και ηλεκτρικών οχημάτων, τέθηκε σε ισχύ η δημιουργία ενός δικτύου φορτιστών ανά χώρα σε όλη την επικράτεια. Για τον λόγο αυτό, πολλές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις έχουν εγκατασταθεί για την δημιουργία αυτών των σταθμών.

Η σύνδεση των φωτοβολταϊκών με τους σταθμούς φόρτισης γίνεται με την ίδια διαδικασία, όπως και στην σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μόνη διαφορά είναι ότι η τελική έξοδος δεν είναι το δίκτυο διανομής, αλλά ο φορτιστής. Στο σύστημα φόρτισης μπορούν να υπάρξουν και μπαταρίες, για την αποθήκευση της αναξιοποίητης ενέργειας από τους φορτιστές.

Οι φορτιστές ηλεκτρικών οχημάτων είναι επιτοίχιες συσκευές που παρέχουν εναλλασσόμενο ρεύμα με ισχύ από 3,7 έως 22 kW. Η ισχύς του φορτιστή που θα επιλεγεί εξαρτάται από τη χωρητικότητα της μπαταρίας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου, τη μέγιστη ταχύτητα φόρτισης του εσωτερικού του φορτιστή (on-board charger), την οικιακή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικά από την ταχύτητα φόρτισης.






Εικόνα 23 : Υπαίθριος σταθμός φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Υπάρχουν τρία επίπεδα φόρτισης, ανάλογα με την ταχύτητα φόρτισης και το ρεύμα παροχής. Το πρώτο επίπεδο (αργής φόρτισης), μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ρευματοδότη προδιαγραφών δικτύου (120 V ή 240 V και 16 A). Η φόρτιση τους είναι αργή και η ισχύς τους φτάνει σχεδόν στα 3 kW με ενεργειακή αυτονομία 15 χιλιομέτρων ανά ώρα φόρτισης. Συνήθως εγκαθίστανται σε γκαράζ, πάρκινγκ και οικίες.

Το δεύτερο επίπεδο φόρτισης απαιτεί σύνδεση δικτύου μονοφασική 240 V ή τριφασική 240/400 V, η οποία επιτυγχάνεται μέσω ενός κατάλληλου EVSE που διαθέτει εξαρτημένο καλώδιο σύνδεσης με τον ρευματολήπτη του αυτοκινήτου ή που διαθέτει ειδικό ρευματοδότη φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Στην περίπτωση αυτή, για τη σύνδεση με το αυτοκίνητο απαιτείται η χρήση ειδικού εξωτερικού καλωδίου με το οποίο θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος ο χρήστης. Η ισχύς των φορτιστών επιπέδου δύο κυμαίνεται από 3 έως 22 kW, με αυτονομία ανά ώρα φόρτισης 20 έως 120 χιλιόμετρα. Τέτοιου τύπου φορτιστές εγκαθίστανται σε δημόσια-ιδιωτικά πάρκινγκ, σε Σημεία Έκτακτης Ανάγκης (Σ.Ε.Α) και σε δημόσιες υπηρεσίες.

Το τρίτο επίπεδο φόρτισης χρησιμοποιείται εξωτερικός φορτιστής μεγάλης ισχύος (μέχρι και 350 kW) ο οποίος είναι ογκώδης, μόνιμα εγκατεστημένος στον χώρο στάθμευσης/φόρτισης και συνδέεται με το δίκτυο συνήθως με ισχυρή τριφασική παροχή. Στους φορτιστές ταχείας και υπερταχείας φόρτισης συνεχούς ρεύματος (50 kw έως 350 kw) τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να φορτίσουν τους συσσωρευτές τους σε ποσοστό μέχρι και 80 % σε χρονικό διάστημα από 30 έως 60 λεπτών της ώρας. (ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο)

Know your EV Charging Stations		
AC Level 1	AC Level 2	DC Fast Charge
		
Voltage 120V 1-Phase AC	Voltage 208V or 240V 1-Phase AC	Voltage 208V or 480V 3-Phase AC
Amps 12 – 16 Amps	Amps 12 – 80 Amps (Typ. 32 Amps)	Amps <125 Amps (Typ. 60 Amps)
Charging Loads 1.4 to 1.9 kW	Charging Loads 2.5 to 19.2 kW (Typ. 7kW)	Charging Loads <90 kW (Typ. 50kW)
Charge time for vehicle 3 – 5 miles of range per hour	Charge time for vehicle 10 – 20 miles of Range per hour	Charge time for vehicle 80% Charge in 20 – 30 minutes

Εικόνα 24 : Στοιχεία ανά τύπο φορτιστή.

3.8 Μελέτη φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

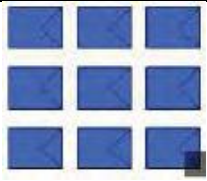
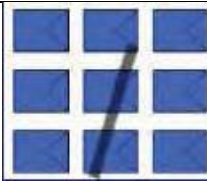


3.8.1 Εισαγωγή.

Σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση, ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψιν του πολλές παραμέτρους ώστε να γίνει μια σωστή και κατάλληλη μελέτη. Θα πρέπει λοιπόν κατά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, να τηρούνται όλες οι εκάστοτε νομοθεσίες καθώς και όλα τα μέτρα ασφαλείας. Ο μελετητής θα πρέπει αρχικά να αξιολογήσει την υφιστάμενη κατάσταση των απαιτήσεων ενέργειας και έπειτα να προχωρήσει στο επόμενο στάδιο.

3.8.2 Ζητήματα χωροθέτησης και μελέτη εγκατάστασης.

Ο μελετητής θα πρέπει να ακολουθήσει πιστά την νομοθεσία ώστε να μην υπερβεί τα ανώτατα όρια ύψους που έχουν θεσμοθετηθεί από την εκάστοτε αρμόδια αρχή δόμησης (Πολεοδομία). Επιπλέον θα πρέπει να υπολογίσει την σωστή χωροθέτηση των πλαισίων ώστε να αποφεύγετε το σενάριο της σκίασης καθώς και η επάρκεια των χώρων μεταξύ των εκάστοτε ομάδων. Για να αποφευχθεί το σενάριο της σκίασης, ο μελετητής θα πρέπει να τοποθετήσει τα πλαίσια σε απόσταση διπλάσια από το ύψος των εμποδίων που περιβάλλουν τον χώρο εγκατάστασης.

Πίνακας 3 : Ενδεικτικές τιμές απώλειας ισχύος ανάλογα με το ποσοστό σκίασης.

Τρόπος σκίασης	Ποσοστό σκίασης (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 σειρά – 9 στοιχεία)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 σειρές – 3 στοιχεία)
	0,15	-3,7	-1,7
	2,6	-16,7	-7
	11,1	-36,5	-30,15
	12,5	-18,3	-17

Η σκίαση αποτελεί σημαντικό ζήτημα κατά την χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, καθώς μια μικρή επιφάνεια σκίασης μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της εγκατάστασης. Στον Πίνακα 3 διακρίνεται η μεταβολή της ισχύος ανάλογα με το ποσοστό σκίασης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Η επάρκεια χώρου είναι ένα επιπλέον σημαντικό ζήτημα, διότι ο μελετητής θα πρέπει να έχει προνοήσει και την σκίαση μεταξύ των δύο ομάδων, αλλά και σε περίπτωση αλλαγής ή τεχνικής επέμβασης στις εκάστοτε ομάδες να υπάρχει ο κατάλληλος χώρος για ασφαλή εργασία.

3.8.3 Προσανατολισμός και κλίση φ/β πλαισίων.

Το αμέσως επόμενο στάδιο για την σωστή μελέτη και διαστασιολόγηση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι η εύρεση της γωνίας κλίσης των πλαισίων και ο προσανατολισμός τους. Η βέλτιστη κλίση σύμφωνα με την θεωρία, θα πρέπει να ισούται με το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας εγκατάστασης. Στην Ελλάδα η βέλτιστη κλίση είναι 7°-10° μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος, διότι η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την θερινή περίοδο είναι μεγαλύτερη. Μάλιστα θα πρέπει η εκάστοτε εγκατάσταση-μελέτη να υπολογίζεται βάση των δεδομένων για γωνία κλίσης ίση με της 21 Δεκεμβρίου, για την αποφυγή σκιάσεων ακόμα και στο χαμηλότερο ύψος ήλιου.

Ο προσανατολισμός των πλαισίων θα πρέπει να είναι Νότιος, καθώς θα πρέπει να ακολουθεί την Γωνία ζενίθ. Ο Νότιος προσανατολισμός με αζιμούθιο 0° και η γωνία κλίσης να κυμαίνεται 25°-30°, είναι η βέλτιστη λύση για κάθε εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Πίνακας 4 : Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση των Φ/Β πλαισίων.

Κλίση	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νότιο-Ανατολικός Νότιο-Δυτικός	Ανατολικός Δυτικός
0°	90%	90%	90%
15°	98%	95%	88%
30°	100%	95%	85%
90°	60%	60%	50%

3.8.4 Βάσεις στήριξης φ/β πλαισίων και τρόπος λειτουργίας τους.

Οι βάσεις στήριξης των πλαισίων, είναι ένα κομμάτι της μελέτης το οποίο χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Αυτό αναφέρεται διότι, σε περίπτωση που η εγκατάσταση τοπο-θετηθεί σε κάποιο δώμα, θα πρέπει να γίνει στατική μελέτη για την αποφυγή προβλημάτων στην υπάρχον κατασκευή (λόγω πρόσθετου βάρους).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες βάσεων στήριξης, οι σταθερές και οι κινούμενες (συνδυασμός βάσεων με συστήματα παρακολούθησης του ήλιου). Οι σταθερο-ποιομένες βάσεις, έχουν συγκεκριμένη κλίση (από τον εκάστοτε κατασκευαστή) και έχουν μικρό βάρος. Αποτελούνται συνήθως από αλουμίνιο ή σίδηρο, και είναι πιστοποιημένες να αντέχουν σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Η τοποθέτηση τους συνήθως γίνεται σε δώματα οι μικρές εγκαταστάσεις (της τάξης των 30-40 kW το μέγιστο) και είναι πιο οικονομικές συγκριτικά με τις κινούμενες.

Οι κινούμενες βάσεις, απαρτίζονται από δύο κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι είναι ο σκελετός της βάσης στήριξης ο οποίος παραμένει ακινητοποιημένος. Το κομμάτι αυτό, συνήθως είναι κατασκευασμένο από χάλυβα ή χυτοσίδηρο και είναι πιστοποιημένο να αντέχει σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Συνήθως στο σημείο πρόσδεσης-επαφής με το έδαφος, έχουν τσιμεντένιες βάσεις ή ενισχυμένο πέδιλο για την δημιουργία δυνάμεων συγκράτησης στο σημείο επαφής-πρόσδεσης. Το δεύτερο κομμάτι της βάσης είναι το κινούμενο μέρος αυτής. Είναι ένα άξονας ο οποίος μπορεί να περιστραφεί στο καρτεσιανό επίπεδο (άξονας x και y) ακολουθώντας την τροχιά του ήλιου. Ο άξονας είναι συνδεδεμένος με ένα σύστημα ιχνηλάτισης της πορείας του ήλιου, το οποίο μέσω ειδικών αισθητήρων εντοπίζει το σημείο μέγιστης ακτινοβολίας και στρέφει την επιφάνεια των φωτοβολταϊκών προς αυτή την κατεύθυνση. Με αυτό το είδος βάσεων, η εγκατάσταση μπορεί να φτάσει έως και το 100 % σε απόδοση. Το υψηλό κόστος τους καθώς και το μεγάλο βάρος τους, τις καθιστούν κατάλληλες για μεγάλες και υπαίθριες εγκαταστάσεις.

3.8.5 Συνδεσμολογία και περιπτώσεις αύξησης της τάσης και έντασης.

Όπως έχει προαναφερθεί, ανάλογα με την συνδεσμολογία των πλαισίων θα υπάρχει και ανάλογη αύξηση της τάσης και του ρεύματος. Όταν τα πλαίσια συνδέονται σε σειρά υπάρχει αύξηση της τάσης ίση με το άθροισμα των τάσεων των πλαισίων που συνδέονται. Όταν οι σειρές των πλαισίων συνδέονται παράλληλα, υπάρχει αύξηση της έντασης του ρεύματος ίση με το άθροισμα των σειρών που συνδέονται παράλληλα.

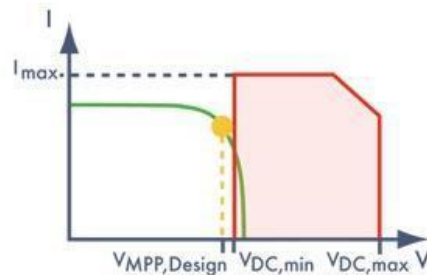
Σε αυτό το σημείο ο μελετητής θα πρέπει να έχει κατά νου, τις απαιτήσεις του συστήματος καθώς και τα φορτία που χρειάζονται. Δηλαδή θα πρέπει να συνδέσει κατάλληλα τα πλαίσια ώστε να μην έχουν υψηλή τιμή τάσης αλλά και χαμηλή τιμή ρεύματος. Οι τιμές θα πρέπει να είναι ανάλογες των σημείων διακύμανσης του MPP του αντιστροφέα ώστε να λειτουργεί βέλτιστα. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της τήρησης χαμηλών τιμών τάσης και ρεύματος, είναι η μετέπειτα επιλογή καλωδίου μικρότερης διαμέτρου σε σχέση με υψηλότερες τιμές. Αυτή η επιλογή επιφέρει και οικονομικό όφελος αλλά και λιγότερα προβλήματα στην εγκατάσταση (μπορεί να γίνει και υπερδιαστασιολόγηση του καλωδίου). (HELAPCO)

3.8.6 Αντιστροφείς.

Ο αντιστροφέας είναι μια ευαίσθητη συσκευή, η οποία απαιτεί λεπτό χειρισμό και εξειδικευμένες γνώσεις. Τα βασικά σημεία που θα πρέπει να προσέξει ένας μελετητής για την σωστή λειτουργία του αντιστροφέα είναι τα εξής :

- a) Την τάση MPP των Φ/Β στις υψηλές θερμοκρασίες σε την ελάχιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα.

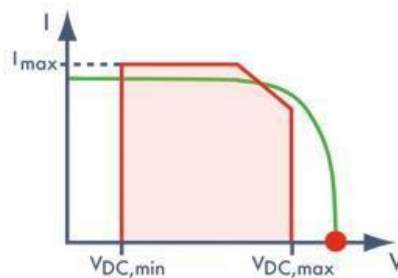
Στην περίπτωση αυτή, η τάση MPP του Φ/Β είναι μικρότερη από την ελάχιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα (Διάγραμμα 5). Το αποτέλεσμα είναι μη κρίσιμο για τη λειτουργία του αντιστροφέα. Συγκεκριμένα, ο αντιστροφέας λειτουργεί παράγοντας και τροφοδοτώντας το δίκτυο με ενέργεια που παράγεται από το MPP του Φ/Β.



Διάγραμμα 5 : Διάγραμμα τάσης εισόδου αντιστροφέα σε σχέση με το σημείο MPP των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

b) Υψηλότερη τάση ανοιχτοκύκλωσης από την μέγιστη επιτρεπτή τάση εισόδου.

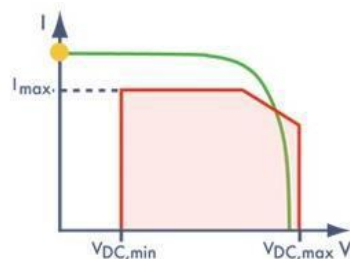
Στην περίπτωση αυτή, η τάση ανοιχτοκύκλωσης του Φ/Β είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη επιτρεπτή τάση εισόδου του αντιστροφέα (Διάγραμμα 6). Το αποτέλεσμα είναι κρίσιμο για τη λειτουργία του αντιστροφέα. Συγκεκριμένα, ο αντιστροφέας δεν λειτουργεί, ενώ ανάλογα με την τάση και τη θερμοκρασία μπορεί να οδηγηθούμε σε καταστροφή του αντιστροφέα.



Διάγραμμα 6 : Διάγραμμα απεικόνισης σημείου τάσης ανοιχτοκύκλωσης σε σχέση με την μέγιστη επιτρεπτή τάση εισόδου του αντιστροφέα.

c) Υψηλότερο ρεύμα βραχυκύκλωσης από αυτό της εισόδου του αντιστροφέα.

Στην περίπτωση αυτή, τα Φ/Β μπορούν να παράγουν περισσότερη ισχύ και να δώσουν περισσότερο ρεύμα από τον αντιστροφέα (Διάγραμμα 7). Το αποτέλεσμα είναι μη κρίσιμο για τη λειτουργία του αντιστροφέα. Συγκεκριμένα, ο αντιστροφέας θα συνεχίσει να τροφοδοτεί το δίκτυο με τη μέγιστη ισχύ του.



Διάγραμμα 7 : Διάγραμμα ρεύματος βραχυκύκλωσης σε σχέση με το ρεύμα εισόδου αντιστροφέα.

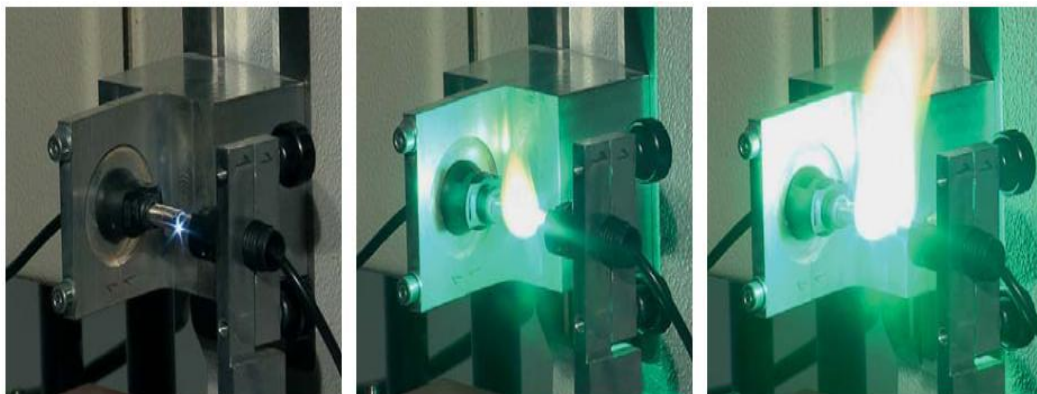
Η σύνδεση και αποσύνδεση του αντιστροφέα από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή καθώς ένα λάθος, μπορεί να επιφέρει τεράστιο πρόβλημα στο σύνολο της εγκατάστασης. Κατά τη σύνδεση των αντιστροφέων στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα ακόλουθα σημεία:

1. Έλεγχος της τάσης (μικρότερη από τη μέγιστη τάση εισόδου) και της πολικότητας.
2. Έλεγχος της τάσης μεταξύ της Φ/Β γεννήτριας και της γης.
3. Γείωση της Φ/Β γεννήτριας και των βάσεων στήριξης.

Κατά την αποσύνδεση του μετατροπέα από τη Φ/Β γεννήτρια χρειάζεται να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς ο κίνδυνος δημιουργίας τόξου (Εικόνα 25). Για την προστασία από αυτό το φαινόμενο, οι αντιστροφείς διαθέτουν έναν ηλεκτρονικό αποζεύκτη (electronic solar switch – ESS). Για την ασφαλή αποσύνδεση ενός αντιστροφέα, πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

- 1) Αποσύνδεση δικτύου AC.
- 2) Αποσύνδεση ESS και διακοπή λειτουργίας αντιστροφέα.
- 3) Αποσύνδεση στοιχειοσειρών Φ/Β.

Με αυτό τον τρόπο δεν δημιουργείται τόξο κατά τη διαδικασία της αποσύνδεσης του αντιστροφέα.



Εικόνα 25 : Δημιουργία τόξου κατά την αποσύνδεση του αντιστροφέα με τη Φ/Β γεννήτρια.

3.8.7 Επιλογή διατομής καλωδίου.

Η επιλογή της κατάλληλης διατομής καλωδίου, είναι μια σημαντική παράμετρος για την σωστή λειτουργία του συνολικού συστήματος. Η διατομή του καλωδίου καθώς και ο τύπος καλωδίου αλλάζει ανά σύστημα. Η διαστασιολόγηση του καλωδίου θα πρέπει να γίνει με ακρίβεια καθώς αν χρησιμοποιηθεί μικρότερη διάμετρος καλωδίου, μπορεί να υπάρξει βραχυκύκλωση του συστήματος και η καταστροφή του. Για την εύρεση της διατομής του καλωδίου θα πρέπει πρωτίστως να βρεθεί το μέγιστο ρεύμα που θα διαπερνά το εκάστοτε καλώδιο.

$$I_{max} = I_{sc} * 1,25$$

Αφού βρεθεί το μέγιστο ρεύμα που διαπερνά το καλώδιο, ακολουθεί η εύρεση της ελάχιστης διατομής καλωδίου. Για να βρεθεί η ελάχιστη διάμετρος του καλωδίου, θα πρέπει ο μελετητής να αναγνωρίζει την φάση εξόδου, καθώς ο τύπος διαφέρει από φάση σε φάση. Ο τύπος αριστερά είναι για καλώδιο συνεχούς τάσης, ενώ ο δεξιά για τριφασικό ρεύμα.

$$\frac{\Delta V}{V} = 2 * \left(\frac{l * I}{V * K * A} \right) \text{ και } \frac{\Delta V}{V} = \sqrt{3} * \left(\frac{l * I}{V * K * A} \right)$$

Όπου l : το μήκος του καλωδίου
 I : το μέγιστο ρεύμα καλωδίου
 V : η μέγιστη τάση των φωτοβολταϊκών
 K : η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού
 A_{\min} : η ελάχιστη διατομή καλωδίου

Το αμέσως επόμενο βήμα, είναι η εύρεση της Ωμικής Αντίστασης του καλωδίου μέσω του παρακάτω τύπου. Η ειδική αντίσταση του υλικού (ρ) διαφέρει από υλικό σε υλικό.

$$R = \rho * \frac{2 * l}{A}$$

Κατά τον υπολογισμό της διατομής καλωδίου, ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψιν την αύξηση της τάσης ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Για αυτό τον λόγο, ο μελετητής κάνει υπερδιαστασιολόγηση της διατομής για την αποφυγή προβλημάτων και σφαλμάτων λειτουργίας του συστήματος.

3.8.8 Μπαταρίες.

Στο τεχνικό κομμάτι της εγκατάστασης, η σύνδεση των μπαταριών (συνδεσμολογία) δεν διαφέρει από αυτή των φωτοβολταϊκών. Η σύνδεση μπαταριών σε σειρά αυξάνει την τάση εξόδου (τάση στο τελευταίο στοιχείο) και διατηρεί σταθερή την ένταση του ρεύματος. Στην σύνδεση σε σειρά, δημιουργείται αύξηση της έντασης του ρεύματος ανάλογη με το ρεύμα του κάθε στοιχείου, ενώ η τάση παραμένει σταθερή.

Ο κατασκευαστής συνήθως δίνει και το μέγιστο στιγμιαίο ρεύμα που μπορεί να δώσει ο συσσωρευτής χωρίς να καταστραφεί. Η τιμή αυτή συνήθως είναι 4 φορές το μέγιστο ρεύμα και δεν πρέπει να ξεπεραστεί ποτέ.

Η διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή εξαρτάται από τον κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης καθώς και από το βάθος κάθε εκφόρτισης. Σε μια εγκατάσταση λοιπόν, θα πρέπει η εκφόρτιση να πραγματοποιείται με ίδιο ρυθμό συνέχεια. Αυτό θα επιφέρει μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας αλλά και ομαλότερη λειτουργία του συστήματος. (Κατσίγιαννης)

3.8.9 Μελέτη αντικεραυνικής προστασίας.

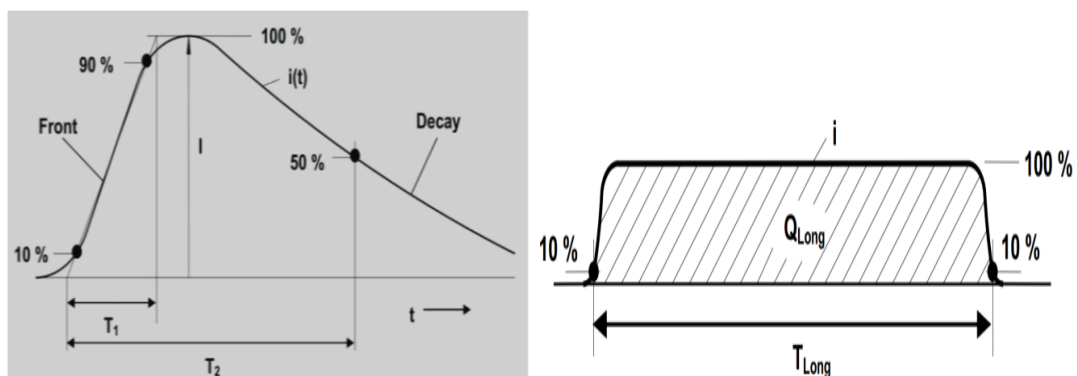
Κατά την μελέτη μια φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, ο μελετητής θα πρέπει να έχει προνοήσει για την πλήρη εφαρμογή όλων των τεχνικών επεμβάσεων για την σωστή λειτουργία της. Η πρώτη επιπρόσθετη μελέτη που θα πρέπει να υλοποιηθεί για την ασφάλεια αλλά και την σωστή λειτουργία της εγκατάστασης, είναι η μελέτη αντικεραυνικής προστασίας. Η μελέτη της αντικεραυνικής προστασίας γίνεται με απώτερο σκοπό την διοχέτευση των ηλεκτρικών εκκενώσεων στο έδαφος, καθώς και η ασφάλεια της τάσης του συστήματος. Μια ηλεκτρική εκκένωση μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα ηλεκτρονικά συστήματα αλλά και στα διάφορα δομικά στοιχεία. Μέσω της κατάλληλης μελέτης και προστασίας, θα μπορεί να προσδιοριστεί ο τρόπος εγκατάστασης των γειώσεων καθώς και η κατανομή των φορτίων από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις.

Οι βασικές παράμετροι μιας κεραυνικής εκκένωση είναι : η πολικότητα, η κατεύθυνση και το ρεύμα της. Η πολικότητα της κεραυνικής εκκένωσης καθορίζεται από το πρόσημο του φορτίου που μεταφέρεται και εξαρτάται από την γεωγραφική θέση της περιοχής. Στην Ελλάδα το 90 % των κεραυνών φέρουν αρνητικό φορτίο κατά κύριο λόγο.

Η κατεύθυνση ενός κεραυνού καθορίζεται από το σημείο εκκίνησης του και διακρίνονται σε ανερχόμενους και κατερχόμενους. Διακρίνεται σε ανερχόμενους και κατερχόμενους κεραυνούς, ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης τους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των κεραυνών είναι κατερχόμενοι, καθώς καταλήγουν στην επιφάνεια του εδάφους. Οι ανερχόμενοι κεραυνοί δημιουργούνται μεταξύ των νεφών που υπάρχουν και του εδάφους, σε υψηλά κτίρια και εγκαταστάσεις (πύργοι, κεραιές τηλεφωνίας κλπ.). Ένας κεραυνός μπορεί να έχει και κατερχόμενη και ανερχόμενη κατεύθυνση, αλλά λαμβάνεται αυτή που φθάνει πρώτη στην επιφάνεια της Γης.

Η πολικότητα της κεραυνικής εκκένωσης επηρεάζει και το ρεύμα που την διακατέχει. Το ρεύμα ενός κεραυνικού πλήγματος συνήθως αποτελείται από μια ακολουθία κρουστικών και παλμικών ρευμάτων, όπου κρουστικό ρεύμα χαρακτηρίζεται ένας παλμός με διάρκεια μικρότερη των 2ms ενώ με τον όρο παλμός περιγράφονται ρεύματα διάρκειας μεγαλύτερης των 2ms. Στα ρεύματα αυτά διακρίνεται το μέγιστο εύρος, η μέση κλίση καθώς η διάρκεια τους.

Το μέγιστο εύρος των παραπάνω ρευμάτων μπορεί να φτάσει μέχρι μερικές εκατοντάδες kA και μπορεί να δημιουργήσει υπέρταση στο ηλεκτρικό δίκτυο αν δεν υπάρχει η κατάλληλη ηλεκτρική μόνωση.



Εικόνα 26 : Διάγραμμα κρουστικού ρεύματος αριστερά και διάγραμμα παλμικού ρεύματος δεξιά.

Ένα κεραυνικό πλήγμα μπορεί να δημιουργήσει θερμικές και μηχανικές επιδράσεις σε διάφορα υλικά καθώς και ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις στις ηλεκτρονικές και ηλεκτρολογικές διατάξεις. Οι θερμικές επιδράσεις που παρατηρούνται σε μια κατασκευή είναι οι εξής:

- I. Ρήγματα σε δομικά στοιχεία.
- II. Τήξη μετάλλων και αγωγών (Joule).
- III. Σε μονωτικά υλικά διάτρηση ή ανάφλεξη.
- IV. Σε υλικά που περιέχουν υγρασία εκρηκτικές θραύσεις.

Οι μηχανικές επιδράσεις συνήθως εντοπίζονται στα μηχανικά μέρη των κατασκευών και εξαρτάται από την μέγιστη τιμή του ρεύματος. Οι μηχανικές επιδράσεις που παρατηρούνται σε μια κατασκευή είναι οι εξής :

- I. Σε αποστάσεις μεταξύ των αγωγών μικρότερες των 0,5m.
- II. Παραμορφώσεις υλικών.
- III. Μετακινήσεις.
- IV. Αποκόλληση στρωμάτων στρωματομόρφων υλικών.
- V. Αγώγιμοι βρόχοι διαστέλλονται.
- VI. Στα πηνία παρατηρείται συμπίεση της μόνωσης.

Οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις συνήθως εντοπίζονται στο ηλεκτρονικό και ηλεκτρολογικό κομμάτι μιας εγκατάστασης. Εξαρτάται από την μέγιστη τιμή του ρεύματος καθώς και την κλίση του μετώπου του ρεύματος. Συνήθως παρατηρούνται τα εξής :

- I. Αγώγιμη ζεύξη: άμεση ροή ρεύματος του κεραυνού.
- II. Επαγωγική ζεύξη (αποστάσεις μέχρι 100m).
- III. Χωρητική ζεύξη (αποστάσεις μέχρι 100m, 500kV/m).

Για την αποφυγή των παραπάνω προβλημάτων λοιπόν, σε κατασκευές και εγκαταστάσεις που περιέχουν αγώγιμα υλικά καθώς και ηλεκτρικές διατάξεις, θα πρέπει να γίνεται εγκατάσταση συστήματος αντικεραυνικής προστασίας. Τα συστήματα αντικεραυνικής προστασίας δεν απωθούν τους κεραυνούς, αλλά διοχετεύουν το κεραυνικό πλήγμα με ασφαλή τρόπο προς το έδαφος. Κατά αυτό τον τρόπο, δημιουργούνται ελάχιστες έως μηδαμινές επιζημιώσεις στην εκάστοτε εγκατάσταση και κατασκευή, στην οποία έχει εγκατασταθεί. Ουσιαστικά ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να μειώσει σε αποδεκτό βαθμό τις επιζήμιες επιπτώσεις ενός κεραυνού σε μια κατασκευή, σε βαθμό που επιλέγεται και περιγράφεται από τις στάθμες προστασίας. Για την επιλογή της κατάλληλης στάθμης προστασίας, απαιτείται αρχικά η αποτίμηση του κινδύνου κεραυνικού πλήγματος για μια κατασκευή. Παράμετροι που λαμβάνονται υπ' όψη για την επιλογή της κατάλληλης στάθμης προστασίας είναι οι διαστάσεις, η θέση και το υλικό της κατασκευής, η κατηγορία στην οποία αυτή κατατάσσεται ανάλογα με τη χρήση της και τις συνέπειες τις οποίες θα έχει η καταστροφή της στον άνθρωπο ή το περιβάλλον, καθώς και η κεραυνική δραστηριότητα στην περιοχή της εγκατάστασής της.

Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να δημιουργείται ένα σύστημα γείωσης της ενέργειας. Το σύστημα γείωσης είναι υπεύθυνο για την διάχυση του ρεύματος του κεραυνού στο έδαφος, χωρίς να αναπτύσσονται επικίνδυνες υπερτάσεις. Ένα σύστημα γείωσης αποτελείται από ηλεκτρόδια τοποθετημένα στο έδαφος. Ένα σύνηθες γεωμετρικό σχήμα ηλεκτροδίου γείωσης είναι ο πάσσαλος ή ράβδος. (Σιδεράκης)

Η ράβδος καρφώνεται κατακόρυφα ή λοξά (π.χ. 20° ως προς την κατακόρυφο στο έδαφος) σε βάθος, π.χ. 2,5 m με σφυρί χεριού ή με μηχανικό σφυρί. Το κάτω μέρος διαμορφώνεται σαν ακίδα για να οδηγείται καλύτερα στο έδαφος. Το άνω μέρος τοποθετείται συνήθως σε φρεάτιο έτσι ώστε το σημείο σύνδεσης της με τον αγωγό γείωσης να είναι επισκέψιμο. Η αντίσταση γείωσης είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογη του βάθους και δεν εξαρτάται σημαντικά από το πάχος ή την διάμετρο της ράβδου. Εφόσον το επιτρέπει η μηχανική αντοχή, προτείνονται ηλεκτρόδια χαλκού ή επιχαλκωμένου ή επιμολυβδωμένου χάλυβα γιατί αντέχουν στη διάβρωση.

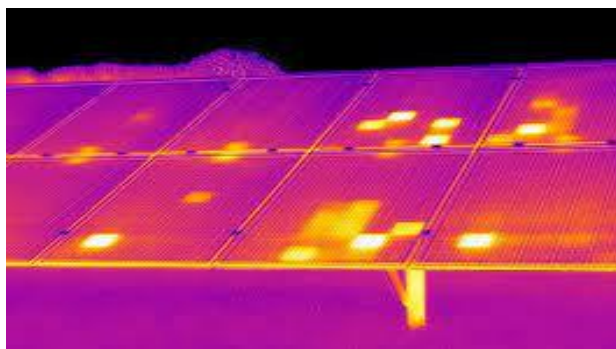
Η πλήρης μελέτη της αντικεραυνικής προστασίας θα εκδοθεί από τον ηλεκτρολόγο που θα εργαστεί στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών.

3.8.10 Βλάβες φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, λόγω της αυξημένης έκθεσης τους σε ακραία καιρικά φαινόμενα καθώς και η έκθεση τους σε υψηλές τάσεις, δημιουργούν διάφορα προβλήματα στα υλικά που περιέχουν τα πλαίσια. Μια παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά την διάρκεια ζωής, είναι η θερμοκρασία του πλαισίου.

Η θερμοκρασιακή κατανομή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου ορίζει την γνώση της θερμοκρασίας ενός πλαισίου συναρτήσει του χώρου του. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασιακή κατανομή μελετάτε βάση ενός προσεγγιστικού μοντέλου που περιγράφει την θερμοκρασία του πλαισίου ανά κάθε στοιχείο, σε φυσιολογικές (συνθήκες λειτουργίας) και εργαστηριακές συνθήκες. Κατά την δημιουργία των μοντέλων, δημιουργείται μια θερμοκρασιακή απεικόνιση του πλαισίου για την εύρεση θερμών κηλίδων (hot-spots). Οι θερμές κηλίδες, είναι σημεία τα οποία δημιουργούν θερμοκρασιακές ανωμαλίες από στοιχείο σε στοιχείο. Οι θερμές κηλίδες εμφανίζονται πραγματικά όταν οι μονάδες βρίσκονται σε μερική σκιά. Όταν ένα κελί σε μια μονάδα είναι σκιασμένο (π.χ. από κεραία, καμινάδα ή βρωμιά), δεν δημιουργεί ρεύμα, αλλά τα υπόλοιπα κελιά της μονάδας συνεχίζουν να λειτουργούν. Αυτό οδηγεί σε αντίστροφα ρεύματα που προτιμούν να τρέχουν πάνω από την περιοχή θερμών κηλίδων όπου συναντούν λιγότερη ηλεκτρική αντίσταση.

Στη συνέχεια, εξαιτίας αυτής της ισχυρής, απομονωμένης πίεσης, τμήματα της περιοχής θερμών κηλίδων μπορούν να θερμανθούν έως και πάνω από 250 °C. Σε αυτό το σημείο, το κελί μπορεί να καεί. Στο σενάριο «βέλτιστης περίπτωσης», αυτό οδηγεί μόνο σε συνεχή απώλεια απόδοσης, αλλά στη χειρότερη περίπτωση το στοιχείο μπορεί να πάρει φωτιά. (q cells) Πλέον, οι κατασκευαστές προσπαθούν να εξαλείψουν το φαινόμενο των θερμών κηλίδων, ενώ σε περίπτωση που δημιουργηθούν αντικαθιστούν τα χαλασμένα πλαίσια.



Εικόνα 27 : Θερμογραφική απεικόνιση ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου με θερμές κηλίδες.

Ένα σύνηθες πρόβλημα που παρουσιάζεται στα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι οι μικρό-ρωγμές (micro-cracks). Οι μικρό-ρωγμές αντιπροσωπεύουν μια μορφή υποβάθμισης των ηλιακών κυττάρων. Το πυρίτιο που χρησιμοποιείται στα ηλιακά κύτταρα είναι πολύ λεπτό και διαστέλλεται και συστέλλεται ως αποτέλεσμα της θερμικού κύκλου. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα ηλιακά πάνελ διαστέλλονται λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών, ενώ την νύχτα συστέλλονται. Μικρές ατέλειες στο κελί του πυριτίου μπορούν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες μικρό-ρωγμές. Το μήκος των μικρό-ρωγμών μπορεί να ποικίλει. Ορισμένες εκτείνονται σε ολόκληρο το κελί, ενώ άλλες εμφανίζονται μόνο σε μικρά τμήματα ενός κελιού.

Οι μικρό-ρωγμές μπορούν να επηρεάσουν τόσο την παραγωγή ενέργειας όσο και τη διάρκεια ζωής του συστήματος ενός ηλιακού φωτοβολταϊκού συστήματος (PV). Τα κατασκευαστικά ελαττώματα συνήθως οφείλονται σε κακή ποιότητα ή έλεγχο της διαδικασίας. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που μπορούν να προκαλέσουν μικρό-ρωγμές στα ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα περιλαμβάνουν:

1. Θερμική ποδηλασία (διακύμανση θερμοκρασίας μεταξύ νύχτας και ημέρας).
2. Υγρασία και κατάψυξη.
3. Κυκλικά (ή δυναμικά) φορτία πίεσης και φόρτωση ανέμου.
4. Βαριά χιονόπτωση.
5. Χαλάζι.
6. Λανθασμένη συσκευασία.
7. Ακατάλληλες μέθοδοι μεταφοράς.
8. Λανθασμένες τεχνικές χειρισμού.

Κατά την εγκατάσταση ενός ηλιακού φωτοβολταϊκού συστήματος, η μηχανική καταπόνηση μπορεί να προκληθεί από:

1. Πατώντας σε μονάδες ή ακουμπάτε άλλο εξοπλισμό σε μονάδες.
2. Ανύψωση ή πτώση μονάδων καθώς ανυψώνονται στην οροφή.
3. Εγκατάσταση σε μη επίπεδη επιφάνεια, η οποία μπορεί να προκαλέσει συστρόφη του πλαισίου στήριξης και να ασκήσει τάση στη μονάδα.



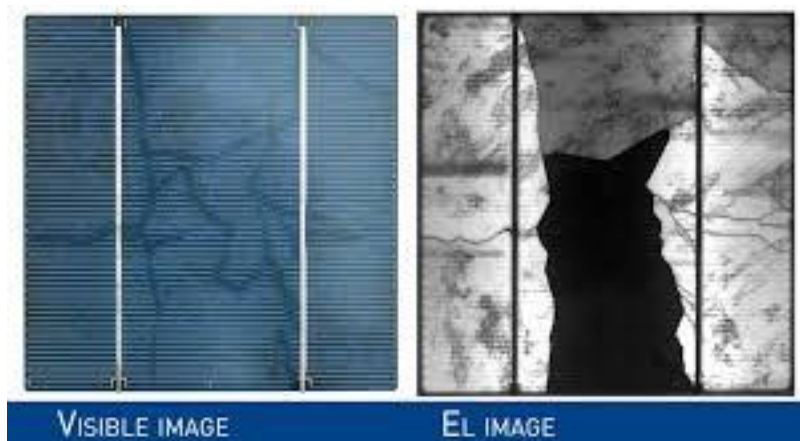
Εικόνα 28 : Απεικόνιση μικρό-ρωγμών σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση .

Ένα ακόμη σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στα φωτοβολταϊκά πλαίσια κατά τους πρώτους μήνες έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, είναι το ίχνος σαλιγκαριού (Snail Track). Το ίχνος σαλιγκαριού είναι ένας αποχρωματισμός του πλαισίου που συνήθως εκδηλώνεται μόνο μετά από μερικά χρόνια παραγωγής.

Τα ίχνη σαλιγκαριών έχουν πολλαπλές αιτίες, αλλά μία αιτία μπορεί να αποδοθεί στη χρήση ελαττωματικής πάστας αργύρου, κατά την διαδικασία κατασκευής των ηλιακών κυψελών.

Η ελαττωματική πάστα αργύρου μπορεί να οδηγήσει σε εισροή υγρασίας στο πλαίσιο, και ως αποτέλεσμα αυτής της υγρασίας, μπορεί να συμβεί οξυγόνωση μεταξύ της πάστας αργύρου και του υλικού ενθυλάκωσης που ονομάζεται EVA (οξικός αιθυλενικός βινυλεστέρας).

Αυτή η ανεπιθύμητη διαδικασία απελευθερώνει οξείδιο αργύρου, οξικό οξύ (ξύδι) και υδρογόνο. Το αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης τροφοδοτείται-κινείται από το πίσω μέρος του πλαισίου στο μπροστινό μέρος του πλαισίου και προκαλεί χημική διάσπαση στο μπροστινό μέρος. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης του πλαισίου και συνάμα όλης της εγκατάστασης. Τα μονοπάτια σαλιγκαριών μπορούν επίσης να προκύψουν ως αποτέλεσμα μικροσκοπικών ρωγμών στο πλαίσιο. (blog.greensolver.net)



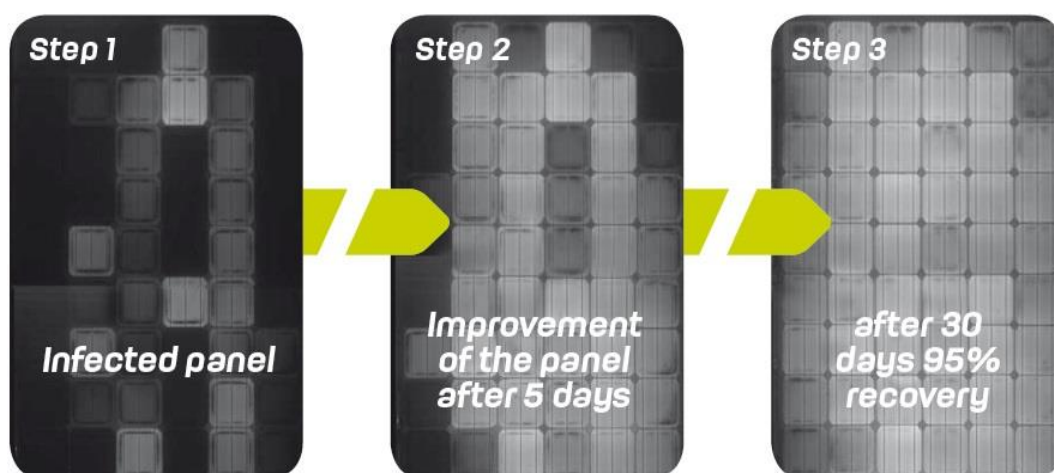
Εικόνα 29 : Απεικόνιση ίχνους σαλιγκαριού σε φωτοβολταϊκό κελί.

Ένα ακόμη πρόβλημα που δημιουργείται σε πολλές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και είναι αποτέλεσμα της κακής ή μη πραγματοποιημένης αντικεραυνικής προστασίας, είναι η πιθανή επαγόμενη αποικοδόμηση (PID). Μια πιθανή επαγόμενη αποικοδόμηση, είναι μια πιθανή επαγόμενη αποδόμηση απόδοσης σε κρυσταλλικές φωτοβολταϊκές μονάδες, που προκαλούνται από τα λεγόμενα «αδέσποτα» ρεύματα. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να προκαλέσει απώλεια ισχύος έως και 30 %.

Η αιτία των επιβλαβών ρευμάτων διαρροής, εκτός από τη δομή του ηλιακού στοιχείου, είναι η τάση των μεμονωμένων φωτοβολταϊκών μονάδων (PV) στο έδαφος. Στα περισσότερα μη γειωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι φωτοβολταϊκές μονάδες με θετική ή αρνητική τάση στο έδαφος εκτίθενται σε PID. Το PID εμφανίζεται κυρίως σε αρνητική τάση σε σχέση με το δυναμικό γείωσης και επιταχύνεται από υψηλές τάσεις συστήματος, υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία. Το PID συνήθως δεν έχει οπτική επίδραση στη μονάδα, διατίθενται διαφορετικές τεχνικές ανάλυσης φωτοβολταϊκών μονάδων για ανίχνευση και ανάλυση. Πρώτον, η υποβάθμιση ισχύος μπορεί να γίνει

ορατή στις καμπύλες λειτουργίας I-V. Επίσης τεχνικές υπέρυθρης θερμογραφίας και απεικόνισης φωταύγειας όπως ηλεκτροφωταύγεια και φωτοφωταύγεια μπορούν επίσης να ανιχνεύσουν PID.

Τα PID-s που εμφανίζονται σε δομοστοιχεία, σε χορδές αρνητικής πολικότητας μπορούν να αποφευχθούν εντελώς εάν χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας με τη δυνατότητα γείωσης (ή αποτελεσματικής γείωσης) του θετικού ή αρνητικού πόλου. Αυτό είναι εφικτό εάν ο μετατροπέας είναι γαλβανικά απομονωμένος, π.χ. χρησιμοποιώντας μετασχηματιστή, εάν χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένες τοπολογίες μετατροπέα χωρίς μετασχηματιστή ή μεταβάλλοντας το ηλεκτρικό δυναμικό δικτύου στη γείωση. Ποιος πόλος πρέπει να γειωθεί, διευκρινίζεται με τον κατασκευαστή της ηλιακής μονάδας. Η ευκολότερη και πολύ πιο αποτελεσματική μέθοδος για την αποτροπή του PID είναι η εγκατάσταση μιας συσκευής αντιστροφής από την πρώτη ημέρα της εγκατάστασης.



Εικόνα 30 : Υπέρυθρη απεικόνιση των σταδίων του φαινομένου PID σε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

Τέλος, ένας μελετητής θα πρέπει να προσέχει κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, την τυχόν αποκόλληση-διάβρωση των κελιών. Η εσωτερική διάβρωση (σκουριά) συμβαίνει όταν η υγρασία διεισδύει στο εσωτερικό του πλαισίου. Τα πάνελ πρέπει να είναι αεροστεγή και υδατοστεγή. Για να επιτευχθεί αυτό, τα συστατικά των πάνελ (το γυάλινο στρώμα, τα ηλιακά στοιχεία και το πίσω φύλλο) είναι πλαστικοποιημένα υπό κενό. Ωστόσο, εάν η διαδικασία ελασματοποίησης δεν έχει γίνει σωστά ή ήταν πολύ γρήγορη, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αποκόλληση κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Η αποκόλληση είναι η απόσπαση των πολυστρωματικών συστατικών. Η αποκόλληση αλλά και η λανθασμένη τοποθέτηση της μονάδας, μπορεί να προκαλέσει διείσδυση υγρασίας ή να εμφανιστούν φυσαλίδες. Η υγρασία οδηγεί σε διάβρωση, η οποία γίνεται ορατή ως πιο σκούρα σημεία στο πλαίσιο.

Αυτό ξεκινά συχνά στην άκρη του πίνακα και μπορεί - ανάλογα με τη σοβαρότητα - να εξαπλωθεί στο υπόλοιπο πλαίσιο. Η διάβρωση στο μεταλλικό αγωγίμο μέρος του πίνακα - ειδικότερα - θα οδηγήσει σε σημαντική μείωση της παραγωγής του πάνελ. Η παραγωγή του πάνελ θα μειωθεί σε άμεση συσχέτιση με το μέγεθος αυτών των πιο σκοτεινών (διαβρωμένων) περιοχών. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ χωρίς πλαίσιο / λεπτές μεμβράνες που κατασκευάζονται με βάση γυάλινα υποστρώματα ειδικότερα μπορεί επίσης να υποφέρουν από προβλήματα υγρασίας και διάβρωσης.



Εικόνα 31 : Απεικόνιση της αποκόλλησης ενός φωτοβολταϊκού κελιού σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

Για τον λόγο αυτό, οι τεχνικοί που θα τοποθετήσουν τα πλαίσια καθώς και όλο το εργατικό προσωπικό, θα πρέπει να έχουν την κατάλληλη κατάρτιση και εξειδίκευση για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων.

3.8.11 Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Η ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών την σύγχρονη εποχή είναι ένα φλέγον ζήτημα, καθώς για να γίνει μια επένδυση στην πράσινη ενέργεια, θα πρέπει να είναι εξ' ολοκλήρου φιλική προς το περιβάλλον. Αν και βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο στην Ευρώπη, τείνουν να γίνουν βασικό κομμάτι μιας μελέτης εγκατάστασης. Οι κύριες διεργασίες για την ανακύκλωση των φωτοβολταϊκών είναι μια διαδικασία ανακύκλωσης η οποία είναι σύνθετη ως προς τις τεχνικές που εφαρμόζονται για την επίτευξή της. Οι βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες ανακύκλωσης των φωτοβολταϊκών είναι τέσσερις:

1. Μηχανική διεργασία: ειδικά μηχανήματα χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις όπως μείωση μεγέθους ή θραύση διαφόρων υλικών όπως επίσης και στην διαλογή υλικών σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες ανακύκλωσης κ.α.
2. Χημική διεργασία : χρησιμοποιείται κυρίως για τον διαχωρισμό υλικών ή περιτυλιγμάτων (πολλές φορές σε συνδυασμό με την μηχανική διεργασία) το κόστος της χημικής διεργασίας είναι υψηλό αλλά πολλές φορές είναι και η μόνη λύση. Μια χαρακτηριστική μέθοδος χημικής διεργασίας είναι η λιθογραφία (etching) που είναι πολύ σημαντική για την απομάκρυνση περιτυλιγμάτων.
3. Θερμική διεργασία : βασικός ρόλος της θερμικής διαδικασίας είναι η ρευστο-ποίηση και σε κάποιες περιπτώσεις εφαρμόζεται σαν μια προεργασία για τον διαχωρισμό υλικών ή και απομάκρυνση περιτυλιγμάτων, χαρακτηριστική μέθοδος είναι η πυρόλυση.
4. Διεργασία μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια : με την τεχνική αυτή χρησιμοποιούνται τα απόβλητα για ενέργεια με την βοήθεια της καύσης. Κάτι τέτοιο μπορεί για παράδειγμα να εφαρμοστεί σε ένα θερμικό αντιδραστήρα.

Οι παραπάνω τέσσερις βασικές τεχνικές χρησιμοποιούνται μόνες τους ή και συνδυαστικά προκειμένου να πάρουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν παραπάνω από μια φορά και σε διάφορες χρονικές στιγμές. (Δασκάλογλου, Κινάλης)

Κεφάλαιο 4 : Κτίρια σχεδόν Μηδενικής και Μηδενικής Κατανάλωσης.

4.1 Εισαγωγή.

Από τα αρχαία χρόνια, ο άνθρωπος αναζητούσε τρόπους για την καλύτερη διαβίωση του. Ένα από τα κύρια μελήματα του, ήταν η προστασία-ασφάλεια του από τα φυσικά φαινόμενα. Με το πέρασ των χρόνων και μέσα από μια μακρά αναζήτηση, αναπτύχθηκε και δημιουργήσε επιστήμες που θα διευκόλυναν την καθημερινότητα του. Μέσω της Γεωμετρίας και της Αστρονομίας, προσπάθησε να κατανοήσει το πλανητικό σύστημα και την ηλιακή τροχιά. Μαζί με την ηλιακή τροχιά μελετά και για του τρόπους κατασκευής κτηρίων, για την ασφαλέστερη και άνετη διαβίωση του. Μέσω της Αρχιτεκτονικής προσπαθεί να μελετήσει και να εκμεταλλευτεί όλα τα φυσικά στοιχεία (Ήλιος, άνεμος, νερό κλπ.), ώστε τα κτίρια που θα κατασκευάσει να χρειάζονται ελάχιστα ποσά ενέργειας για τον φωτισμό καθώς και την θέρμανση-δροσισμό τους. Δηλαδή προσπαθούσε να εκμεταλλευτεί την στο μέγιστο αυτή την πηγή δωρεάν ενέργειας μέσω διάφορων κατασκευών. Από τα κτίρια που κατασκευάστηκαν στην Αρχαία Ελλάδα έως και σήμερα, ο άνθρωπος επιδιώκει να εκμεταλλεύεται αυτά τα φυσικά στοιχεία, για τον περιορισμό των μεγάλων ποσοστών κατανάλωσης ενέργειας. Στην Αρχαία Ελλάδα, γίνεται αναφορά για πρώτη φορά στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Ο Σωκράτης το 470 π.Χ. με τις οδηγίες του για το ιδανικό ηλιακό σπίτι, που αναφέρονται στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, αλλά και ο Ιπποκράτης με το έργο του «Περί αέρων, υδάτων και τόπων», έβαλαν τις βάσεις της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Κύριος στόχος τους ήταν τα σπίτια να εξασφαλίζουν μια αρμονική σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον.

Τα αρχαία κτίσματα ήταν κατασκευασμένα σύμφωνα με τα πρότυπα κατασκευής που συνίστανται στα κτίρια της σύγχρονης εποχής. Στην κατεύθυνση προς τον Βορά η τοιχοποιία ήταν πιο χοντρή, ενώ από την Νότια κατεύθυνση υπάρχουν ανοίγματα για την καλύτερη διάχυση του φωτός. Ακολούθησαν τα Παθητικά Κτίρια, τα οποία εκμεταλλεύονταν την θέρμανση από τον ήλιο και το φως, για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Στην σύγχρονη εποχή και έπειτα από την ανάπτυξη και δημιουργία νέων υλικών, ακολουθείτε η ίδια φιλοσοφία. Η διαφορά με την σύγχρονη κατασκευή κτηρίων, είναι η ποικιλία των υλικών που υπάρχουν αλλά και η διαφορετικός τρόπος λειτουργίας τους.

4.2 Είδη Κτιρίων.

4.2.1 Παθητικό Κτήριο.

Το παθητικό κτίριο είναι ένα κτίριο στο οποίο η εσωτερική θερμική άνεση (ISO 7730) εξασφαλίζεται αποκλειστικά από προθέρμανση ή πρόψυξη της ποσότητας του νωπού αέρα, η οποία απαιτείται (DIN 1946) για την σωστή εσωτερική ατμόσφαιρα, χωρίς τη χρήση επιπλέον ανακυκλοφορίας του αέρα. Ανεξάρτητα από το κλίμα ή την περιοχή, τα Παθητικά Κτίρια διατηρούν όλο το χρόνο μια άνετη και ευχάριστη θερμοκρασία με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Τα κτίρια θερμαίνονται παθητικά, δηλαδή κάνουν αποτελεσματική χρήση του ήλιου, των εσωτερικών πηγών θερμότητας και της ανάκτησης θερμότητας, με αποτέλεσμα τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης να μην είναι απαραίτητα ακόμη και τις πιο κρύες ημέρες του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το Παθητικό Κτίριο χρησιμοποιεί παθητικές τεχνικές ψύξης, όπως είναι ο σωστός σχεδιασμός σκίασης και νυχτερινού φυσικού αερισμού, προκειμένου να διατηρείται δροσερό.

Σε κάθε περίπτωση, τα εξαιρετικής ποιότητας και τεχνολογίας υλικά και ο προσεκτικός σχεδιασμός εγγυώνται ότι οι θερμοκρασίες παραμένουν όλο το χρόνο, σε σταθερά και ευχάριστα για τους ενοίκους/χρήστες επίπεδα.

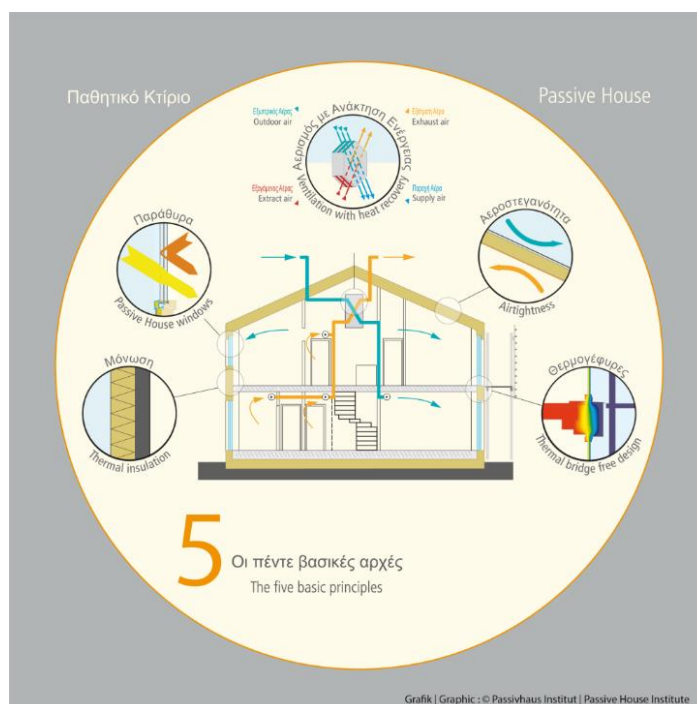
Ένα Παθητικό Κτίριο χρησιμοποιεί έως και 90% λιγότερη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη από τα συμβατικά κτίρια της Κεντρικής Ευρώπης, με αποτέλεσμα να απαιτείται λιγότερο από 1,5 λίτρο πετρελαίου ή 1,5 κυβικό μέτρο φυσικού αερίου το χρόνο, για τη θέρμανση ενός τετραγωνικού μέτρου κατοικήσιμου χώρου. Εξαιρετικά μεγάλη οικονομία, όμως επιτυγχάνεται και στις θερμότερες περιοχές, όπου τα κτίρια χρειάζονται ψύξη. Ο περιορισμός της χρήσης ενέργειας οδηγεί σε περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, και έτσι το Παθητικό Κτίριο είναι μια πραγματικά αειφόρος επιλογή σε σχέση με τις συμβατικές κατασκευές.

Τα Παθητικά Κτίρια βασίζονται σε πέντε βασικές αρχές-παραμέτρους κατασκευής τους. Κατά την πρώτη παράμετρο, θα πρέπει στο κτιριακό κέλυφος να έχει τοποθετηθεί μόνωση και να είναι καλά μονωμένο (εσωτερικά και εξωτερικά) ώστε να αποφεύγεται η ανταλλαγή θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο του κελύφους προς το περιβάλλον. Κατά αυτό τον τρόπο, το χειμώνα διατηρείται η ζέστη εντός του κτηρίου, ενώ το καλοκαίρι να την εμποδίζει να εισέλθει μέσα σε αυτό. Δεύτερη παράμετρος είναι η εγκατάσταση συστήματος φυσικού αερισμού για την παροχή καθαρού αέρα, απαλλαγμένο από γύρη και σκόνη, με μέγιστη ενεργειακή απόδοση μέσω της ανάκτησης θερμότητας και με έλεγχο της υγρασίας. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μονάδων-συσκευών κατά τις οποίες ο απορριπτόμενος (απαγόμενος αέρας) που έχει τα ψυχομετρικά στοιχεία του κλιματιζόμενου χώρου, (ψυχρός ή θερμός) προψύχει ή προθερμαίνει τον εισερχόμενο αέρα περιβάλλοντος και έτσι η απαιτούμενη ισχύς της κλιματιστικής μονάδας (τοπικής ή κεντρικής), είναι πολύ μικρότερη από εκείνη που θα απαιτούσε η εγκατάσταση για τον πλήρη κλιματισμό ενός κτιρίου.

Τρίτη και μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για την χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, είναι τα κουφώματα. Στο Παθητικό Κτήριο τα κουφώματα που τοπο-θετούνται θα πρέπει να παρέχουν το μέγιστο ηλιακό κέρδος και να είναι πολύ καλά μονωμένα. Τέτοιου είδους κουφώματα είναι τα ενεργειακά και μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα απλά. Τέταρτη παράμετρος, είναι η μέγιστη αεροστεγανότητα στο εσωτερικό του κτηριακού κελύφους. Επιτυγχάνοντας μέγιστη αεροστεγανότητα του χώρου, αποφεύγεται η δημιουργία ρευμάτων αέρα και εστίες υγρασίας. Πέμπτη παράμετρος που συνδέεται άμεσα με την τέταρτη, είναι η αποφυγή θερμογεφυρών. Λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως η αεροστεγανότητα και μπορεί να προκληθεί από τα δομικά στοιχεία έως και τα κουφώματα. Το Παθητικό Κτίριο λειτουργεί με την ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας και τη μεγιστοποίηση των θερμικών κερδών. Για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας χρειάζεται πρώτα απ' όλα καλή μόνωση (περίπου 15 cm +, ανάλογα με τη θέση σε κάθε μέρος της Ελλάδας).

Μόνωση με θερμική αγωγιμότητα $\leq 0,1 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$, με στόχο η τιμή U του κελύφους να κυμαίνεται μεταξύ 0,10 και 0,25 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Όλα τα παράθυρα, επίσης, πρέπει να είναι πολύ καλά μονωμένα. Καλό θα είναι να μην είναι υπερμεγέθη (αύξηση του κόστους), να έχουν "ενεργειακούς υαλοπίνακες με τιμή $U_g < 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ συνολική τιμή $U_w < 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ (όλα τα προφίλ των κουφωμάτων, εφόσον τηρούν τις προδιαγραφές αυτές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν). Επίσης, θα πρέπει να κατασκευαστεί ένα αεροστεγές εσωτερικό φράγμα του στρώματος μόνωσης. Η αεροστεγανότητα του κτιρίου δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 0,6 αλλαγές αέρα/ώρα. Αυτό μπορεί να γίνει από οποιοδήποτε υλικό που είναι και παραμένει αεροστεγές (Χαρτί, φύλλο πολυαιθυλενίου, μοριοσανίδες ξύλου, σοβάς κλπ..). Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στις συνδέσεις καθώς θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα αεροστεγείς.

Είναι προφανές ότι το σπίτι θα πρέπει να αερίζεται. Αλλά δεν θα πρέπει να χάνεται η εσωτερική ζεστασιά με αυτόν τον τρόπο το χειμώνα. Ο μηχανικός αερισμός με ανάκτηση θερμότητας είναι η βέλτιστη λύση. Λειτουργεί καλά μόνο σε αεροστεγή σπίτια όμως και προσφέρει ανάκτηση ενέργειας μέχρι και 90 %. Το καλοκαίρι ο φυσικός νυχτερινός αερισμός και η χρήση ελαφράς γεωθερμίας δίνουν τα επιθυμητά επίπεδα θερμικής άνεσης. Επιπλέον, με την ελαχιστοποίηση των απωλειών μεγιστοποιούνται τα θερμικά κέρδη. Αυτά προέρχονται από τον ήλιο, που πρέπει να μπαίνει πλούσιος το χειμώνα στο σπίτι, αλλά και να αποφεύγεται με σωστή σκίαση το καλοκαίρι, και από τις δραστηριότητες των χρηστών και τις συσκευές μέσα στο σπίτι. Το κτίριο χρειάζεται καλό προσανατολισμό προς το νότο και καλό βιοκλιματικό σχεδιασμό. Επικουρική θέρμανση και Ζεστό νερό χρήσης προέρχονται και αυτά από τον ήλιο ή από άλλα παθητικά ή και ενεργειακά συστήματα υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης. Το τελικό αποτέλεσμα των παραπάνω διαδικασιών, είναι το κτίριο χρειάζεται μόλις 15 kWh/m² το χρόνο για ψύξη ή θέρμανση και ΖΝΧ. Επιπλέον η πρωτεύουσα ενέργεια δεν ξεπερνά τις 120 kWh/m² το χρόνο.



Εικόνα 32 : Βασικές αρχές Παθητικού Κτηρίου.

4.2.2 Υβριδικό Κτήριο.

Η χρήση νέων τεχνολογιών και η εκμετάλλευση όλων των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που διαθέτει η Ελλάδα, δίνουν τη δυνατότητα για την κατασκευή των κατοικιών του μέλλοντος. Η κατασκευή υβριδικών σπιτιών (hybrid house), τα οποία μπορούν να παράγουν τουλάχιστον το 70 % της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία τους.

Μπορεί η οικονομική κρίση και η ύφεση στην αγορά ακινήτων να βάζει φρένο στην παρούσα φάση σε μια μαζική παραγωγή υβριδικών ή ακόμη και αυτόνομων ενεργειακά κατοικιών, ωστόσο, θεωρείται σίγουρο ότι στο μέλλον η νέα γενιά κατασκευών θα στηρίζεται στην αξιοποίηση των φυσικών πόρων. Η έκρηξη στις τιμές του πετρελαίου (αυξητική τάση) και γενικότερα η μεγάλη αύξηση στο κόστος θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου προσανατολίζουν όλο και περισσότερους κατασκευαστές να

στρέφονται στην οικοδόμηση των λεγόμενων «πράσινων» σπιτιών», που αφενός είναι φιλικά προς το περιβάλλον και αφετέρου περισσότερο οικονομικά από μια συμβατική κατασκευή.

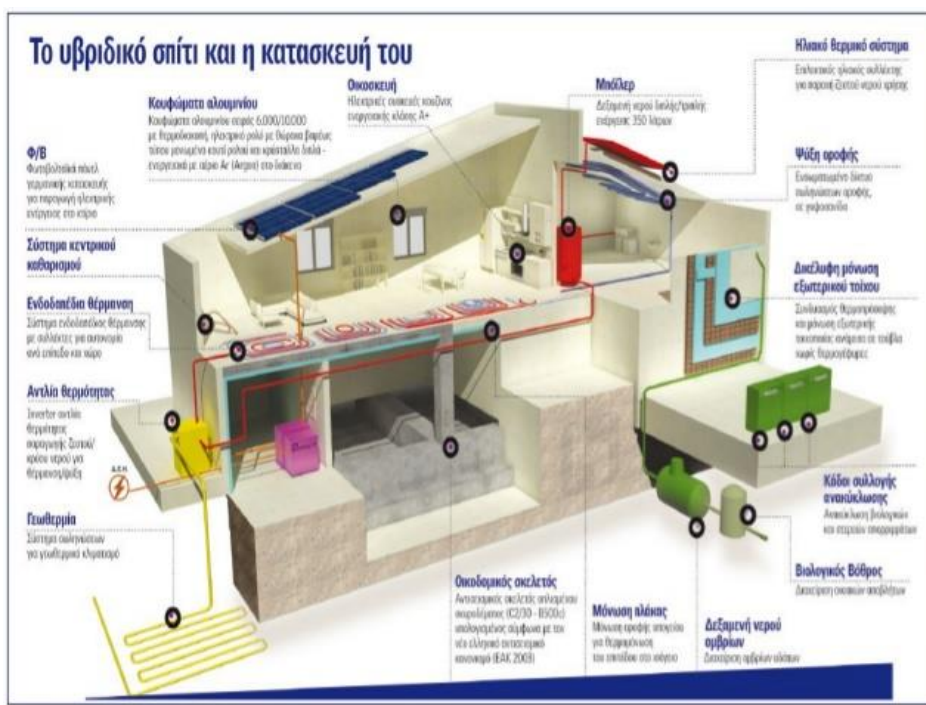
Κατά τον σχεδιασμό ενός υβριδικού σπιτιού, γίνεται εκμετάλλευση του ηλιακού θερμικού φορτίου από τον νότο, λαμβάνοντας υπόψη του όλους τους προσανατολισμούς του κτιρίου. Χρησιμοποιούνται ενεργειακά κουφώματα (αλουμινίου, PVC) με θερμοδιακοπή και με διπλά ή τριπλά ενεργειακά κρύσταλλα για το μέγιστο ηλιακό κέρδος. Επιπλέον εγκαθίστανται άριστη περιμετρική θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου, εφαρμόζοντας άριστες τεχνικές θερμοπρόσοψης.

Σε αυτή την κατηγορία κτιρίων οι υδάτινοι πόροι εκμεταλλεύονται στο μέγιστο καθώς εντάσσεται στον σχεδιασμό ο βιολογικός βόθρος και η δεξαμενή ομβρίων υδάτων για το πότισμα του κήπου. Οι χρήστες του, ανακυκλώνουν τα βιολογικά απορρίμματα με σύστημα κομπόστ, όπως επίσης και τα πλαστικά, χάρτινα και αλουμινίου απορρίμματα σε ειδικό κάδο εντός της κατοικίας. Κατά αυτό τον τρόπο, το κτήριο μηδενίζει τα απόβλητα του και αναπτύσσει το αίσθημα της ανακύκλωσης. Το δε ενεργειακό του αποτύπωμά του στο περιβάλλον, είναι πολύ μικρό. Η συνεισφορά στο περιβάλλον μιας υβριδικής κατοικίας μόλις 100 m² ισοδυναμεί με 6.223 m². δάσους. Αυτό προκύπτει από αποφυγή ρύπων CO₂ από το υβριδικό σπίτι που ισοδυναμεί με την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα που επιτυγχάνουν 6.223 m² δάσους ή 310 δέντρα.

Η υβριδική κατοικία χρησιμοποιεί αντλίες θερμότητας με ενδοδαπέδιο δίκτυο σωληνώσεων, για θέρμανση και δροσισμό. Η αντλία θερμότητας, μπορεί να υποβοηθηθεί από ηλιακά θερμικά συστήματα ή γεωθερμία και τελικά, να καταναλώνει μικρή ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος. Το ηλεκτρικό ρεύμα της αντλίας θερμότητας, αλλά γενικά και όλου του κτιρίου, θα καλύπτεται από φωτοβολταϊκά, που στην παρούσα φάση, το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγουν, πωλείται στο δίκτυο της ΔΕΗ (σε αναμονή του net metering). Έτσι μηδενίζονται τα κόστη για θέρμανση και δροσισμό, μια για πάντα. Τα κόστη για ψύξη ή δροσισμό μπορούν να μηδενιστούν, με τη χρήση fan coils, ανεμιστήρων οροφής, ή ενσωματωμένο σε γυψοσανίδα, δίκτυο σωληνώσεων στην οροφή, σε συνδυασμό με το δίκτυο που υπάρχει στο δάπεδο. Σε αυτή την περίπτωση, πρόκειται για «βροχή δροσιάς» το Καλοκαίρι.

Η επιπλέον ενέργεια που απαιτεί το σύστημα το Καλοκαίρι, υπερκαλύπτεται από τα φωτοβολταϊκά, καθώς αυτά τα συστήματα ψύξης-δροσισμού, Άνοιξη και καλοκαίρι, υπερλειτουργούν και υπεραποδίδουν ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, ο απλός δροσισμός που παράγεται από την αντλία θερμότητας, γίνεται ψύξη, χωρίς την σπατάλη ούτε ενός ευρώ, από την τσέπη μας, για πληρωμή λογαριασμών ρεύματος.

Το κόστος ενός "πράσινου σπιτιού", δηλαδή κλάση Β με βάση τον Κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), κοστολογείται στα 1.200 €/m² και στη τιμή περιλαμβάνεται ΙΚΑ και ΦΠΑ. Το κόστος ενός υβριδικού σπιτιού, αν και δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια τιμής ανά τετραγωνικό μέτρο, δεδομένου ότι εξαρτάται από το σύνολο των ΑΠΕ που θα χρησιμοποιηθούν, εν τούτοις η τελική τιμή προσδιορίζεται περίπου σε ποσοστό τουλάχιστον 25 % επιπλέον ενός "συμβατικού σπιτιού". Αυτό σημαίνει ένα κόστος γύρω στα 1.500 €/m² όταν μια συμβατική κατασκευή κινείται μεταξύ 1.000 και 1.200 €/m².



Εικόνα 33 : Τρόπος κατασκευής Υβριδικού σπιτιού.

4.2.3 Αυτόνομο Ενεργειακά Κτίριο.

Η τάση για αυτόνομη και ανεξάρτητη από καθετί που σχετίζεται με έξοδα αλλά και απρόσμενες αυξήσεις, χαρακτηρίζει πλέον κάθε πλευρά της καθημερινότητας. Φυσικά, όταν πρόκειται για την πλήρη αυτόνομη της κατοικίας ή κτιρίου, η σκέψη αυτή γίνεται ακόμη πιο έντονη. Με τα σύγχρονα μέσα-τεχνολογίες ένα κτήριο μπορεί να παράγει σχεδόν όλο το σύνολο της απαιτούμενης ενέργειας λειτουργίας. Πρακτικά να λειτουργεί ως ένα αυτόνομο κτήριο με όλα τα σύγχρονα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας.

Αυτόνομο ορίζεται το κτίριο το οποίο με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών εξοικονομεί ενέργεια σε ποσοστό έως και 95 % σε σύγκριση με ένα συμβατικό κτίριο, και παρέχει τη δυνατότητα να βρίσκεται εκτός του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου (ΔΕΗ) καθώς και άλλων δικτύων ενέργειας (αέριο). Με τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων ή και μικρών ανεμογεννητριών καλύπτονται πλήρως όλες οι ανάγκες του κτιρίου σε ηλεκτρικό ρεύμα, ώστε να μπορούν να λειτουργούν όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που έχουν εγκατασταθεί στο κτίριο. Η χρήση ηλιακής θέρμανσης (θερμοσίφωνες) καθώς και η εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμικών συστημάτων μπορούν να καλύψουν την ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση, ψύξη και ζεστά νερά χρήσης.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην διαδικασία αυτόνομησης ενός σπιτιού έγκειται στο γεγονός ότι ακόμα κι αν υποθετικά καλύπτονται όλες οι ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ) με ηλιακό θερμοσίφωνα ή άλλα ηλιακά συστήματα, και την κουζίνα με αέριο, παραμένουν οι ανάγκες για ψύξη και θέρμανση του χώρου, οι οποίες είναι πολύ ενεργοβόρες και το σύστημα που απαιτείται για να καλύψει την κατανάλωσή τους είναι πολύ μεγάλο και ακριβό. Ο στόχος της αυτόνομησης γίνεται ακόμη πιο εύκολος στην περίπτωση που ο σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός του κτιρίου επιτρέπει να επιτευχθεί κατανάλωση μικρότερη των 15 kW/m² κτιρίου, οπότε από τα επίπεδα του βιοκλιματικού σπιτιού προσαρμόζεται στα επίπεδα του παθητικού σπιτιού. (Τριέδραση)



Εικόνα 34 : Αυτόνομο ενεργειακό κτίριο στην Νεβάδα.²⁴

4.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός.

4.3.1 Εισαγωγή.

Ο σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις ανάγκες συνθηκών άνεσης των χρηστών, ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες. Οι βασικοί στόχοι του σχεδιασμού ενός κτιρίου είναι η προστασία από τα καιρικά φαινόμενα, ο έλεγχος της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας και του αέρα, την μόνωση για την μείωση των απωλειών θερμότητάς, την εξασφάλιση θερμικής μάζας για την παροχή θερμικής σταθερότητας κ.α.

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτηρίου περιλαμβάνει την προσφορά των καλύτερων δυνατών συνθηκών θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης. Τα παραπάνω θα πρέπει να πραγματοποιηθούν με χαμηλό κόστος και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Οι παραπάνω διαδικασίες πραγματοποιούνται για την μείωση των υπέρογκων ποσών ενέργειας αλλά και για την καλύτερη διασφάλιση των συνθηκών εντός του κτιρίου.

²⁴ Άρθρο για αυτόνομο ενεργειακό κτίριο στην Νεβάδα καθώς και πληροφορίες για τις μηχανικές αντοχές του. (ηλ. σύνδεσμος : <https://www.homecrux.com/haus-me-off-grid-prefab-homes/133842/>)

4.3.2 Βασικές αρχές Βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Ο περιβαλλοντικός-βιοκλιματικός σχεδιασμός αφορά τον σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών), με σκοπό την δημιουργία υγιούς περιβάλλοντος από την σκοπιά της ψυχολογικής, κοινωνικής και φυσιολογικής προσέγγισης του κτίσματος.

Τα κτήρια θα πρέπει να σχεδιάζονται και να κτίζονται βάσει κανονισμών-προδιαγραφών ώστε αφενός να εξοικονομούν ενέργεια για την θέρμανση και ψύξη τους, αφετέρου να χρησιμοποιούν και ήπιες μορφές ενέργειας για την κάλυψη του θερμικού και ψυκτικού φορτίου. Έχει ως στόχο την εξασφάλιση των κατάλληλων εσωκλιματικών συνθηκών άνεσης με την σωστή συμπεριφορά του κτιρίου, με τελικό σκοπό τον περιορισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας αυτού.

Ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός θα πρέπει να έχει σχεδιαστικά κάποιες συνιστώσες, ώστε το αποτέλεσμα να μην διαφέρει από κτήριο σε κτήριο. Δηλαδή, θα πρέπει να ακολουθούνται κάποια βασικά βήματα κατά την μελέτη και τον σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτηρίου και είναι τα εξής :

1. Βέλτιστη αξιοποίηση των τοπικών καιρικών συνθηκών και φυσικών πόρων.
2. Την βέλτιστη θερμική προστασία του κτιρίου κατά την χειμερινή αλλά και την καλοκαιρινή περίοδο, μέσω κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό του κελύφους.
3. Προστασία από την καλοκαιρινή ακτινοβολία μέσω κατάλληλων σκίαστρων ή άλλων κατασκευών.
4. Την συλλογή και αποθήκευση ηλιακής ενέργειας μέσω συστημάτων ΑΠΕ ή άλλων κατασκευών, αποδίδοντας την σε αυτό όταν απαιτείται.
5. Την ρύθμιση της θερμικής λειτουργίας, του αερισμού αλλά και της σχετικής υγρασίας του εσωτερικού του κτηρίου για την δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών άνεσης.
6. Την ρύθμιση του φωτισμού του χώρου σε επίπεδο άνεσης, εκμεταλλεύοντας τον φυσικό φωτισμό στο έπακρο.
7. Χρήση τεχνολογιών και κατάλληλων συστημάτων για την εξοικονόμηση ενέργειας από τις ηλεκτρομηχανολογικές διατάξεις.
8. Την βέλτιστη διατήρηση της ακουστικής άνεσης του χώρου μέσω κατάλληλων υλικών.
9. Την ένταξη των κτηρίων στο φυσικό περιβάλλον καθώς και την εξασφάλιση της απομάκρυνσης των απορριμμάτων και λυμάτων, για ανακύκλωση ή επαναχρησιμοποίηση.

Κατά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, οι χρήστες θα πρέπει να ρυθμίζουν και να συμβάλουν στις εσωτερικές συνθήκες άνεσης του κτιρίου, μέσω κατάλληλων ενεργειών-δράσεων και προτύπων. Κατά αυτό τον τρόπο οι χρήστες θα μπορούν να ρυθμίζουν το εσωτερικό κλίμα του κτηρίου και να μην σπαταλάτε ενέργεια άσκοπα. Για την πραγματοποίηση αυτού θα πρέπει να τοποθετηθούν Συστήματα Διαχείρισης Ενέργειας (Building Energy Management Systems – BEMS). Η εφαρμογή ενός συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS), αποτελεί ένα από τα μέτρα που μπορούν να επιφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 20 - 50%. Ένα BEMS αποτελεί βασικό συστατικό της διαδικασίας Ενεργειακής Παρακολούθησης και Θέσπισης Ενεργειακών Στόχων (Monitoring and Targeting) ειδικά σε κτίρια όπου η χρήση ενέργειας εμποτεύεται από σημαντικό αριθμό σημείων μέτρησης και ελέγχου.

4.3.3 Χωροθέτηση, Μορφή και Προσανατολισμός Κτιρίου.

Το πρώτο στάδιο για την σχεδίαση ενός βιοκλιματικού κτιρίου είναι η χωροθέτηση του. Το κτίριο θα πρέπει να σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να εκμεταλλεύεται όλα τα φυσικά στοιχεία, αλλά και να έχει μικρό έως μηδενικό ποσοστό θερμικών απωλειών. Για να πραγματοποιηθεί αυτό ο μελετητής θα πρέπει να έχει συλλέξει δεδομένα για τις κλιματικές συνθήκες, την χρήση του κτιρίου αλλά και των προτιμήσεων των χρηστών.

Αρχικά κατά την χωροθέτηση του κτιρίου στο εκάστοτε οικόπεδο, θα πρέπει να επιλέγει ο κατάλληλος προσανατολισμός. Μέσω του παθητικού σχεδιασμού, ο προσανατολισμός ενός κτηρίου μπορεί να επιφέρει μεγάλα κέρδη ενέργειας για την θέρμανση του κατά την χειμερινή περίοδο. Στα αστικά κέντρα ο προσανατολισμός του κτηρίου είναι μια δύσκολη επιλογή, καθώς η τοποθεσία του οικοπέδου και ο πολεοδομικός-χωροταξικός σχεδιασμός της γύρω περιοχής αυτού, καθιστούν δύσκολη την πλήρη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει ο μελετητής να δημιουργήσει έναν ηλιακό χάρτη για το εκάστοτε οικόπεδο ώστε να βρεθούν το ύψος ήλιου κατά τα ηλιοστάσια αλλά και τις σκιάσεις.

Κατά τον Νότιο προσανατολισμό, υπάρχει δυνατότητα εκμετάλλευσης του μέγιστου ποσοστού ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Αν σε ένα κτίριο υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα προς τον Νότο της τάξης του 60 % της επιφάνειας του τοίχου, την χειμερινή περίοδο επειδή η γωνία ύψους ηλίου βρίσκεται χαμηλότερα σε σχέση με το θερινό ηλιοστάσιο, οπότε υπάρχουν μεγαλύτερες απολαβές ηλιακής και θερμικής ενέργειας καθώς η ακτινοβολία διαπερνά στο εσωτερικό του κτηρίου. Κατά το θερινό ηλιοστάσιο η γωνία ύψους ηλίου βρίσκεται υψηλότερα, οπότε η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει κάθετα προς την επιφάνεια του κτιρίου και δημιουργούνται ελάχιστες θερμικές απολαβές. Μέσω κατάλληλων σκιάστρων ή προεξοχών μπορεί να δημιουργηθεί πλήρης σκίαση και συνάμα δροσισμό του κτιρίου.

Κατά τον Ανατολικό και Δυτικό προσανατολισμό, το κτήριο δέχεται ηλιακή ακτινοβολία κατά της πρωινές και απογευματινές ώρες. Κατά τις ώρες αυτές, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μειωμένη λόγω της διαδρομής τους από τον ήλιο προς την επιφάνεια της Γης. Αυτού του είδους προσανατολισμός δεν συνιστάται διότι για να υπάρξει θερμικής απολαβή θα πρέπει να τοποθετηθούν κατάλληλα υλικά στις επιφάνειες του τοίχου που θα πρέπει να εκπέμπουν την θερμότητα με αργό ρυθμό προς το εσωτερικό του χώρου. Τέτοιου είδους υλικά αυξάνουν το κόστος κατασκευής του κτηρίου αλλά και είναι δύσκολο να τοποθετηθούν καθώς χρειάζονται εξειδικευμένο προσωπικό.

Κατά τον Βόριο προσανατολισμό, το κτήριο δέχεται ασθενής ακτινοβολία κατά την χειμερινή περίοδο. Αυτό συμβαίνει διότι το κτήριο δέχεται την διάχυτη ακτινοβολία και όχι την άμεση, η οποία εισέρχεται στο κτήριο με χαμηλή ένταση. Οι Βόρειες επιφάνειες συνήθως καλύπτονται είτε από άλλα κτήρια (μέσω επαφής, μέσω παρεμπόδισης κλπ.) είτε έχουν πιο μεγάλο πάχος για την αποφυγή δημιουργίας ψυχρών ρευμάτων προς το εσωτερικό του κτιρίου. Οι βόρειες επιφάνειες συνήθως χρησιμοποιούνται για την εκμετάλλευση των ψυχρών ρευμάτων αέρα μέσω κατάλληλων ανοιγμάτων. Έτσι δημιουργείται φυσικός δροσισμός του κτιρίου.

Ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτιρίου, επηρεάζεται και ο όγκος του. Ο όγκος του κτιρίου στο οικόπεδο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο συμπαγής γίνεται. Δηλαδή, τα κτίρια να βρίσκονται όλα μαζί σαν ένα οικοδομικό μπλόκ. Έτσι, η θερμική ενέργεια που διαχέεται στο περιβάλλον από αυτά είναι η μικρότερη σε σχέση με άλλες μορφές κατασκευής. Στην Ελλάδα η σύνηθες μορφή σχεδιασμού ενός παθητικού κτηρίου είναι ο Νότιος προσανατολισμός με μεγάλα ανοίγματα είτε μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων.

4.3.4 Θερμομόνωση Κτιρίου.

Μια από τις βασικότερες παραμέτρους για τον σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η θερμομόνωση. Κάθε χρόνο το 10 % έως 25 % της καταναλωμένης ενέργειας ενός κτιρίου, καταναλώνεται λόγω της μετάδοσης θερμότητας από το εσωτερικού του κτιρίου προς το περιβάλλον. Η μετάδοση της θερμότητας μπορεί να γίνει μέσω αγωγιμότητας, μέσω συναγωγής είτε μέσω της ακτινοβολίας. Η ροή της θερμότητας πραγματοποιείται από το θερμότερο περιβάλλον προς το ψυχρότερο. Ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιούνται οι απώλειες ενέργειας, είναι ανάλογος της διαφορά των θερμοκρασιών εσωτερικού χώρου και περιβάλλοντος.

Η ροή θερμότητας δεν μπορεί να εξαλειφθεί πλήρως σε ένα κτίριο, αλλά μπορεί να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό. Ο ρόλος της θερμομόνωσης σε ένα κτίριο είναι αυτός και μπορεί να επιφέρει μεγάλα ποσοστά ενεργειακού κέρδους στην κατανάλωση ενέργειας. Η θερμομόνωση θα πρέπει να παρέχει στο κτίριο τα εξής :

- I. Την μέγιστη μείωση μετάδοσης θερμότητας από το εσωτερικό του χώρου προς το περιβάλλον.
- II. Την υγιεινή και άνετη διαβίωση του χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο.
- III. Την μέγιστη οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας.
- IV. Την μέγιστη μείωση του θορύβου από το εξωτερικό περιβάλλον.
- V. Την μείωση του χρόνου θέρμανση και ψύξης του κτιρίου.
- VI. Την μείωση δημιουργίας υγραποίησης ατμών στην επιφάνεια ή στα δομικά στοιχεία.

Για την τοποθέτηση της κατάλληλης μόνωσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν το κλίμα, η τοποθεσία της περιοχής, το μέγεθος των επιφανειών του εξωτερικού περιβλήματος καθώς και το ποσοστό θερμοπερατότητας των εξωτερικών δομικών στοιχείων. Υπάρχουν τρεις διαφορετικές μορφές θερμομόνωσης και διαφέρουν στον τρόπο μεταφοράς θερμότητας.

Η πρώτη μορφή μόνωσης, είναι η θερμομόνωση αγωγιμότητας. Είναι η πιο σύνηθες μορφή θερμομόνωσης και εμποδίζει την μεταφορά θερμότητας με αγωγιμότητα. Τέτοιου είδους θερμομόνωση εξαρτάται από την αγωγιμότητα και το ιξώδες του υλικού, από το πάχος του καθώς και από την θερμοκρασιακή διαφορά εκατέρωθεν του υλικού.

Η δεύτερη μορφή μόνωσης, είναι η θερμομόνωση ανάκλασης. Είναι μια θερμομόνωση με υλικά υψηλής ανακλαστικότητας (π.χ. φύλλα αλουμινίου), τα οποία τοποθετούνται στην εσωτερική πλευρά του διάκενου της στέγης και σε άλλα σημεία.

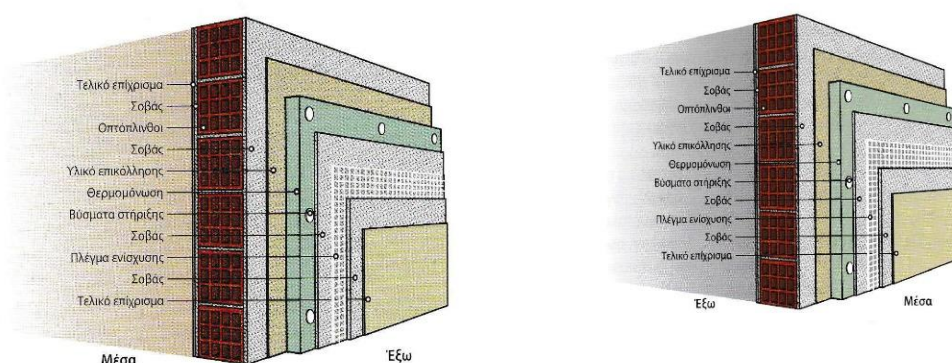
Η τρίτη μορφή θερμομόνωσης, είναι η θερμομόνωση χωρητικότητας. Το κτηριακό κέλυφος μπορεί να σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να αποθηκεύει ενέργεια στο εσωτερικό των υλικών της και να την εκλύει στον χώρο σε μικρή ποσότητα με μεγάλη διάρκεια. αυτός είναι ο σκοπός της θερμομόνωσης χωρητικότητας, καθώς χρησιμοποιούνται υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας για την πρόσληψη και αποθήκευση θερμότητας σε αυτά.

Η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σχεδόν σε όλες τις δομικές κατασκευές, είτε είναι εσωτερικές είτε εξωτερικές. Η θερμομόνωση εσωτερικών επιφανειών συνεισφέρει στην άμεση απόδοση των συστημάτων θέρμανσης-ψύξης, καθώς βοηθά στην γρήγορη θέρμανση-ψύξη του χώρου και διατήρηση της. Συνήθως χρησιμοποιείται σε κτίρια όπου χρειάζονται γρήγορη και άμεση θέρμανση (π.χ. γραφεία, σχολεία κλπ.), χωρίς να υπάρχει άμεση ψύξη του χώρου μετέπειτα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λύση θερμομόνωσης σε παραδοσιακά ή διατηρητέα κτίρια. Ως κύρια πλεονεκτήματα της είναι η απλή, γρήγορη και οικονομική κατασκευή της αλλά και η εύκολη συντήρηση της.

Τα κύρια μειονέκτημα της είναι ο σχηματισμός υγρασίας καθώς και η πιθανότητα δημιουργία θερμογεφυρών.

Η εξωτερική θερμομόνωση αποτελείται από μια μονοκέλυφη κατασκευή της οποίας το σύνολο της μάζας της τοιχοποιίας βρίσκεται εσωτερικά της θερμομονωτικής στρώσης. Εξωτερικά καλύπτεται από επίχρισμα, μεταλλικό φύλλο, αδιάβροχο ελαφρό πέτασμα, ορθομαρμάρωση ή άλλου τύπου πλάκες. Είναι σημαντική ως μόνωση καθώς περικλείει και προστατεύει όλα τα δομικά στοιχεία από τις καιρικές συνθήκες. Συνήθως τοποθετείται σε κτίρια τα οποία δεν χρειάζονται την άμεση απόδοση του συστήματος θέρμανση-ψύξης, αλλά χρησιμοποιούν την θερμική τους μάζα για την απόδοση θερμότητας προς το κτίριο με αργό ρυθμό μετά την διακοπή του κλιματισμού. Τέτοιου είδους κτίρια είναι οι μόνιμες κατοικίες, τα νοσοκομεία κ.α. Η τοποθέτηση της σε υφιστάμενα μη θερμομονωμένα κτίρια θα πρέπει να γίνεται με προσοχή, καθώς η δυσκολία κατασκευής συναρτήσε με το υψηλό κόστος της καθώς και αύξηση της περιμέτρου μπορούν να δημιουργήσουν πολεοδομικά προβλήματα.

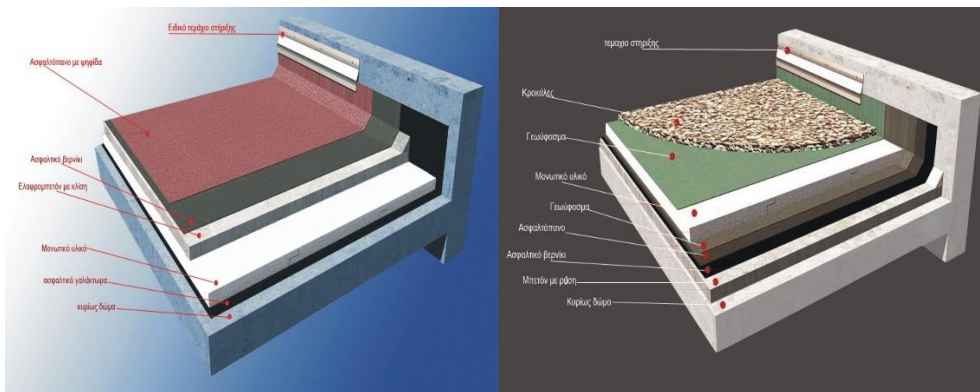
Τα κύρια πλεονεκτήματα της είναι η διατήρηση της θερμότητας στο κτίριο μετά την διακοπή της θέρμανσης, προστασία των εξωτερικών επιφανειών και της δημιουργία θερμογεφυρών καθώς και την μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση-ψύξη του κτιρίου. Τα κύρια μειονεκτήματα της είναι το υψηλό κόστος, η δυσκολία εφαρμογής σε όλες τις επιφάνειες καθώς και ο κίνδυνος δημιουργίας ρηγματώσεων σε περίπτωση απόκλισης της κατασκευής.



Εικόνα 35 : Υλικά κατασκευής εσωτερικής (δεξιά) και εξωτερικής (αριστερά) θερμομόνωσης.

Ένα ακόμη σημείο που μπορεί να τοποθετηθεί μόνωση είναι το δώμα-ταράτσα. Το δώμα λόγω της μεγαλύτερης έκθεσης του στα ακραία φαινόμενα, χρειάζεται την μέγιστη προστασία για την αποφυγή θερμογεφυρών και υγρασίας προς το εσωτερικό του κτιρίου. Επίσης οι αποκολλήσεις των υλικών, οι διογκώσεις των στρώσεων, η πρόωρη γήρανση των μονωτικών και στεγανοποιητικών υλικών καθώς και οι ρηγματώσεις είναι τα κύρια προβλήματα που εντοπίζονται δώματα από την κακή θερμομόνωση. Υπάρχουν τρεις τύποι δωμαίων : το τυπικό (συμβατό) δώμα, το αντεστραμμένο δώμα και το βατό δώμα.

Τα υλικά κατασκευής τους είναι σε όλες σχεδόν τα ίδια με την μόνη αλλαγή που βρίσκεται στην κατασκευή είναι στην σειρά τοποθέτησης των υλικών. Στην Ελλάδα η πιο σύνηθες μορφή θερμομόνωσης είναι το συμβατού δώματος και του αντε-στραμμένου τύπου μόνωσης με χαλίκι.



Εικόνα 36 : Μορφή και υλικά κατασκευής θερμομόνωσης συμβατικού τύπου (αριστερά) και αντεστραμμένου τύπου (δεξιά).

4.3.5 Κουφώματα και υαλοπίνακες.

Τα κουφώματα μπορούν να βοηθήσουν σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας. Τα κουφώματα μπορούν να βοηθήσουν στην διαμόρφωση του φυσικού φωτισμού καθώς και της εισροής του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Η κατάλληλη επιλογή κουφωμάτων ως προς τον τρόπο λειτουργίας του σύμφωνα με τον σχεδιασμό του κτιρίου, επιφέρει συνεισφορά στην αεροστεγανότητα και θερμοπερατότητα τους προς το κτίριο.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι κουφωμάτων και διαχωρίζονται ανάλογα το υλικό κατασκευής τους. Οι κατηγορίες είναι οι εξής : αλουμινίου, συνθετικοί και ξύλινοι. Τα πιο ευρέως γνωστά στην Ελλάδα είναι τα κουφώματα αλουμινίου καθώς είναι πιο ασφαλές ως κατασκευή και διαθέτουν καλές μηχανικές αντοχές. Το υλικό κατασκευής των κουφωμάτων επηρεάζει σε μικρό βαθμό τις θερμικές απώλειες. (περιβολαρης)

Κύριος υπεύθυνος για την απώλεια θερμότητας είναι ο υαλοπίνακας ενός κουφώματος. Λόγω της μεγάλης επιφάνειας του καθώς και της αδιαφάνειας του, υπάρχει έντονη αλλαγή θερμότητας σε αυτά. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες υαλοπινάκων και διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό των τζαμιών που τοποθετούνται.

Πρώτη κατηγορία είναι ο απλός (μόνος) υαλοπίνακας. Οι συγκεκριμένοι υαλοπίνακες αποτελούν την παλαιότερη και απλούστερη μορφή υαλοπινάκων. Ουσιαστικά τοποθετείται ένας μόνο κρύσταλλος σε διάφορα πάχη (συνήθως από 3 mm έως 12 mm) ο οποίος έχει περιορισμένες δυνατότητες θερμομόνωσης, ηχομόνωσης και ασφάλειας. Λόγω του χαμηλότερου κόστους, τα παράθυρα μονής υάλωσης είναι ιδανικά για γκαράζ, αποθήκες και άλλα μη θερμαινόμενα βοηθητικά κτίρια. Επίσης, όταν τα παράθυρα μονής υάλωσης σπάσουν, είναι λιγότερο δαπανηρά για την επισκευή, καθώς χρειάζεστε μόνο ένα υαλοπίνακα. Εάν η ενεργειακή απόδοση είναι κάτι που σας ανησυχεί, οι επιλογές διπλής ή τριπλής υάλωσης είναι αναγκαστική επιλογή.

Δεύτερη κατηγορία είναι οι διπλοί υαλοπίνακες. Ο διπλός υαλοπίνακας αποτελείται από δύο τζάμια τα οποία ενώνει συνήθως ένα πηχάκι υάλωσης από αλουμίνιο ή πολυαμίδιο και είναι σφραγισμένα περιμετρικά με ειδική κόλλα. Προσφέρουν σαφώς υψηλότερη θερμομόνωση και ηχομόνωση σε σχέση με τους μονούς υαλοπίνακες, στους οποίους χρησιμοποιείται μόνο ένα τζάμι.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διπλοί ενεργειακοί υαλοπίνακες. Οι διπλοί ενεργειακοί υαλοπίνακες, γνωστοί και ως υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής, αποτελούν συνθέσεις τζαμιών με δομή παρόμοια όπως αυτή των συμβατικών διπλών υαλοπινάκων, οι οποίοι όμως διαθέτουν τζάμια ειδικού τύπου για υψηλότερη θερμομόνωση με ειδικό μονωτικό αέριο (Argon) στο διάκενό τους.

Συγκεκριμένα, αποτελούνται κι αυτοί από δύο τζάμια ενωμένα μεταξύ τους με ένα προφίλ αλουμινίου, τα οποία σφραγίζονται περιμετρικά με ειδική κόλλα. Το ένα τζάμι είναι ένας απλός συμβατικός υαλοπίνακας (clear float glass), ενώ το δεύτερο τζάμι έχει υποστεί ειδική επεξεργασία κατά την οποία εφαρμόζεται μια επίστρωση χαμηλής εκπομπής (χαμηλό-E), ώστε να διαθέτει υψηλή ανακλαστικότητα στην υπέρυθη ακτινοβολία του ήλιου, περιορίζοντας έτσι σημαντικά τη μετάδοση της σε εσωτερικούς χώρους. Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε, στο διάκενο μεταξύ των δύο τζαμιών συμπληρώνεται ευγενές αέριο (argon), το οποίο διαθέτει αυξημένες θερμομονωτικές ιδιότητες. Έτσι, μέσω των διπλών ενεργειακών υαλοπινάκων επιτυγχάνονται χαμηλότερες θερμικές απώλειες από το εσωτερικό προς το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου. Επιπλέον, μειώνεται η ανεπιθύμητη ζέστη που οφείλεται στην είσοδο της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι, διασφαλίζοντας έτσι περισσότερη δροσιά.

Τρίτη κατηγορία υαλοπινάκων είναι οι τριπλοί υαλοπίνακες. Οι τριπλοί υαλοπίνακες ενσωματώνουν τρεις στρώσεις γυαλιού, ώστε να διασφαλίσουν πολύ υψηλή θερμομόνωση και να ενισχύσουν την ενεργειακή απόδοση μιας οικίας. Με δύο διαθέσιμες επιφάνειες για εφαρμογή χαμηλού-E, ελάχιστη θερμότητα μεταφέρεται μέσα στο σπίτι από την ακτινοβολία του ήλιου, προσφέροντας ένα δροσερότερο περιβάλλον το καλοκαίρι, ιδιαίτερα σε περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια. Εκτός από την εξαιρετική θερμομόνωση, οι τριπλοί υαλοπίνακες προσφέρουν επίσης πολύ υψηλή ηχομόνωση, συμβάλλοντας σημαντικά σε ένα πολύ καλύτερο βιοτικό επίπεδο. (αλουμιλ)



Εικόνα 37 : Διατομή κουφώματος μονού υαλοπίνακα, διπλού υαλοπίνακα απλού και διπλού-τριπλού ενεργειακού υαλοπίνακα.

4.3.6 Ηλιοπροστασία και σκίαση.

Η σκίαση και η ηλιοπροστασία ενός κτιρίου έχουν καθοριστικό ρόλο στην εισροή θερμού αέρα κατά την θερμή περίοδο. Η εισροή θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου επηρεάζει τις συνθήκες άνεσης και αναζητούνται τρόποι ψύξης του κτιρίου. Κατά την ηλιοπροστασία ενός κτιρίου, θα πρέπει να διαπερνά η άμεση ακτινοβολία κατά την περίοδο της θέρμανσης και το αντίθετο κατά την περίοδο της ψύξης. Επιπλέον θα πρέπει να επιτρέπει την είσοδο της διάχυτης ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου, για την χρήση του φυσικού φωτισμού.

Η ηλιοπροστασία μπορεί να επιτευχθεί μέσω κατάλληλων δομικών στοιχείων που μειώνουν την ηλιακή πρόσπτωση σε τμήματα ενός κτιρίου ανάλογα με την θέση τους ως προς την κατεύθυνση των ακτινών του ήλιου. Η ηλιοπροστασία δημιουργεί σκίαση, ανάλογα με το σημείο εφαρμογής της. Υπάρχουν τρία είδη σκίασης και διακρίνονται ανάλογα με τον χώρο εφαρμογής των σκιαστικών μέσων.

Η εσωτερική σκίαση είναι το πρώτο είδος και εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία αφού έχει εισέλθει. Τέτοιου είδους σκίαση επιφέρει μεγάλα ποσά θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς ένα ποσοστό της ακτινοβολίας που περνά στο κτίριο μετατρέπεται σε θερμότητα. Για την δημιουργία εσωτερικής σκίασης συνήθως χρησιμοποιούνται κουρτίνες, στόρια και άλλα παρόμοια υλικά. Συνηθίζεται ως τρόπος σκίασης διότι είναι εύκολος, οικονομικός και δεν απαιτείται συντήρηση.

Η ενδιάμεση σκίαση είναι το δεύτερο είδος και μπορεί να επηρεάσει την θερμική απόδοση του κελύφους και της στεγανότητας των κουφωμάτων λόγω θερμικής διαστολής. Η ενδιάμεση σκίαση είναι τοποθετημένη μεταξύ του διάκενου ενός διπλού υαλοπίνακα. Ένα είδος δημιουργίας ενδιάμεσης σκίασης είναι και οι αντιηλιακές μεμβράνες, όπου αποκόπτουν την εισροή μεγάλων ποσοστών ακτινοβολίας. Συνήθως έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και σε περίπτωση αντικατάστασης πρέπει να αποσυναρμολογηθεί ολόκληρος ο υαλοπίνακας.

Τρίτο είδος σκίασης είναι η εξωτερική σκίαση. Η εξωτερική σκίαση αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο ηλιοπροστασίας, διότι εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο κέλυφος του κτιρίου. Τα σκίαστρα που τοποθετούνται σε αυτού του είδους της σκίαση συνήθως είναι τέντες, ρολά, πέργκολες, εξώστες και άλλες πολλές κινούμενες κατασκευές. Το μόνο αρνητικό σε αυτού του είδους σκίασης είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησής τους.

4.3.7 Φυσικός φωτισμός.

Ο φυσικός φωτισμός είναι μια παράμετρος για την διατήρηση των συνθηκών άνεσης εντός του κτιρίου. Ο φυσικός φωτισμός είναι μια δωρεάν πηγή ενέργειας για τον φωτισμό του εσωτερικού χώρου του κτιρίου. Ο φυσικός φωτισμός ενισχύει την ψυχολογία, την διάθεση και την δημιουργικότητα των χρηστών στο εσωτερικό του. Για τον λόγο αυτό είναι και μια σημαντική παράμετρος κατά τον σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού κτιρίου.

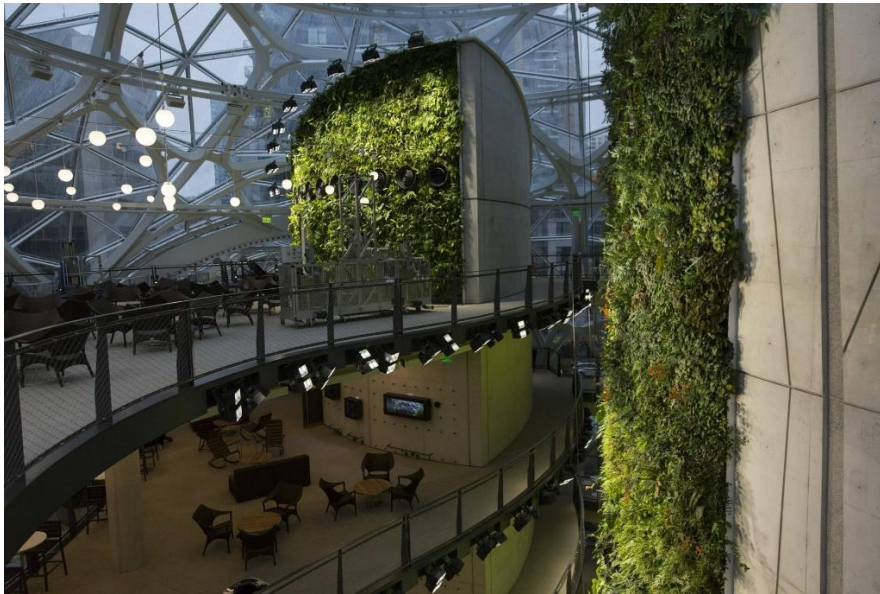
Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να επέλθει μέσω διαφόρων κατασκευών στο κέλυφος του κτιρίου. Η δημιουργία αυτών των κατασκευών επηρεάζεται σημαντικά από τον προσανατολισμό του κτιρίου, τα εμπόδια-σκιάσεις καθώς και η διαμόρφωση του χώρου. Για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία, ανοίγματα στην οροφή του κτιρίου, αίθριων και φωταγωγών-σωληνώσεων.

Τα ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία θα πρέπει να έχουν κατάλληλο μέγεθος και σχήμα, ανάλογα με το μέγεθος του φωτιζόμενου χώρου. Εμπειρικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί άνοιγμα μέχρι το 20 % (κατά μέσο όρο) του εμβαδού του χώρου που φωτίζεται. Στον τριτογενή τομέα όμως, τα ανοίγματα θα πρέπει να κυμαίνονται από 30 % έως 60 % του εμβαδού του χώρου που φωτίζεται.

Τα ανοίγματα στην οροφή των κτιρίων επιτρέπουν τον φωτισμό από ψηλά και παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία. Συνήθως εφαρμόζονται σε μονοόροφες κατοικίες ή στον τελευταίο όροφο ενός πολυόροφου κτιρίου. Χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματική πηγή για τον φωτισμό του χώρου και είναι διαφανής ή αδιαφανείς επιφάνειες. Το πλεονέκτημα τους είναι ότι επιτρέπει την ομοιόμορφη

κατανομή του φωτός καθώς διαπερνούν μεγαλύτερες ποσότητες φωτός σε σχέση με τα κατακόρυφα ανοίγματα.

Τα αίθρια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια πηγή χρήσης του φυσικού φωτισμού. Το αίθριο συνήθως βρίσκεται στο κέντρο εντός του κτιρίου και μπορεί να είναι ανοικτού ή κλειστού τύπου. Τα αίθρια συνήθως σκεπάζονται είτε από χοντρό γυαλί είτε από συνθετικό γυαλί, λόγω της διαφάνειας του και της μεγαλύτερης κατανομής του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό του. Στα σύγχρονα κτίρια τα αίθρια καλύπτονται από φυτά και δέντρα, με απώτερο σκοπό την δημιουργία ενός μέσου καθαρισμού αέρα αλλά και την ενίσχυση της ψυχολογίας των χρηστών.



Εικόνα 38 : Βιοκλιματικός σχεδιασμός στο σύγχρονα κατασκευασμένο κτίριο της Amazon στο Σιάτλ.

Οι φωταγωγοί και οι φωτοσωλήνες, χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και εισαγωγή του φυσικού φωτός σε χώρους που είναι δύσκολος ο φωτισμός τους. Οι φωταγωγοί περιέχουν επιφάνειες με ανακλαστικές ιδιότητες, οι οποίες φθάνουν τον φωτισμό στο εσωτερικό του χώρου χωρίς να χάνεται η ένταση του φωτός. Ο φωτισμός που εξέρχεται από τους φωταγωγούς έχει κάθετη διεύθυνση προς τον εσωτερικό χώρο.

Οι φωτοσωλήνες είναι μια αναπτυγμένη μορφή των φωταγωγών, με την μόνη διαφορά της τοποθέτηση ενός ανακλαστήρα στην κορυφή του αγωγού. Το υλικό κατασκευής, το μέγεθος και ο τρόπος τοποθέτησης τους φωτοσωλήνα στο εσωτερικό του κτιρίου επηρεάζουν κατά πολύ την απόδοση του συστήματος. Οι φωταγωγοί όπως και οι φωτοσωλήνες, είναι μια οικονομική κατασκευή και μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα. Το αρνητικό τους στοιχείο, είναι ότι η αιχμή του φωτός εξόδου δίνεται κατά την διάρκεια της μέρας.

4.3.8 Φυσικός αερισμός και δροσισμός.

Ο φυσικός αερισμός ενός κτιρίου συμβάλει στην διατήρηση των συνθηκών άνεσης εντός του κτιρίου. Ο φυσικός αερισμός προσφέρει στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου φρέσκο και νωπό αέρα, χρησιμοποιώντας το ως μέσο ανακύκλωσης του αέρα. Εφαρμόζεται σε όλα τα σύγχρονα κτίρια καθώς

ανακυκλώνει τον αέρα και μειώνει την θερμοκρασία εντός του κτηρίου. Υπάρχουν πολλές μορφές αερισμού και διαχωρίζονται ανάλογα με τον τρόπο διάχυσης και επεξεργασίας τους.

Η πρώτη μορφή αέρα που υπάρχει είναι ο ελεγχόμενος αερισμός ενός κτιρίου. Ο ελεγχόμενος αερισμός χρησιμοποιεί την εισροή καθαρού αέρα προς το εσωτερικό του κτιρίου, εκρέοντας την ίδια ποσότητα χρησιμοποιημένου αέρα από το εσωτερικό. Σε αντίθεση με την ανεξέλεγκτη ροή, κατά την οποία δεν αντισταθμίζεται η ροή εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα.

Η δεύτερη μορφή αέρα που υπάρχει είναι ο ανακυκλώμενος αερισμός ενός κτιρίου. Η ανακύκλωση του αέρα χρησιμεύει για την απομάκρυνση ρύπων και παθογόνων μικροοργανισμών που υπάρχουν στον αέρα. Με την χρήση κατάλληλων διατάξεων και φίλτρων, μπορεί να περιοριστεί έως και το 99 % των ρύπων και μικροοργανισμών.

Ο φυσικός αερισμός έχει πολλά πλεονεκτήματα καθώς βελτιώνει τις συνθήκες άνεσης, έχει μικρό κόστος εγκατάστασης-συντήρησης και μειώνει την εμφάνιση του συνδρόμου του άρρωστου κτιρίου. Κύρια μειονεκτήματα του είναι η εισροή μεγάλων ποσοτήτων ρύπων από το εξωτερικό περιβάλλον καθώς και επιρροή του συστήματος από τα κλιματικά δεδομένα.

Μέσω του κατάλληλου αερισμού ενός κτιρίου, μπορεί να επέλθει και φυσικός δροσισμός. Κατά την διάρκεια της νύχτας και λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας, μπορεί να γίνει εισροή εξωτερικό κρύου αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Μία άλλη μορφή παθητικού δροσισμού, είναι ο εξατμιστικός φυσικός δροσισμός. Δημιουργείται μέσω ενός συστήματος παθητικού δροσισμού που χρησιμοποιεί την αλλαγή φάσης του νερού. Μέσω της λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης του νερού δημιουργείται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα, με παράλληλη αύξηση της υγρασίας του. Μέσω της χρήσης της υγρασίας που δημιουργείται, μπορεί να μειωθεί η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου και να επέλθει δροσισμός αυτού.

Μια άλλη λύση για τον φυσικό δροσισμό ενός κτιρίου είναι η χρήση δεξαμενών νερού και συστημάτων ψεκασμού στην οροφή τους. Μέσω της εγκατάστασης δεξαμενών στην οροφή ενός κτιρίου κάτω από σκιερό μέρος, μπορεί να επέλθει δροσισμός της ταράτσας. Το νερό λόγω της θερμοχωρητικότητας του, η παραμονή του σε ένα σκιερό μέρος μπορεί να επιφέρει μικρή αλλαγή της θερμοκρασίας του. Κατά αυτόν τον τρόπο, αν η οροφή ή το δώμα ψεκαστεί με νερό θα υπάρξει μείωση θερμοκρασίας των υλικών της. Έτσι το κτίριο θα δροσιστεί και θα δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες παραμονής σε αυτό.

Μια άλλη λύση παθητικού δροσισμού, είναι τα συστήματα δροσισμού από το έδαφος. Η θερμοκρασία σε μικρά σχετικά βάθη από την επιφάνεια του εδάφους, έχει χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον. Γίνεται μέσω ενός υπεδάφιο συστήματος αγωγών, το οποίο εκμεταλλεύεται τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου και το οδηγεί μέσω σωληνώσεων στο έδαφος όπου αλλάζει θερμοκρασία. Μετά το πέρασμα από το υπεδάφιο σύστημα σωληνώσεων, επανέρχεται και πάλι στο κτίριο με μικρότερη θερμοκρασία. (Κοσμόπουλος, Περιβολάρης)

4.3.9 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης.

Το κτιριακό κέλυφος μέσω κατάλληλων διατάξεων και κατασκευών, μπορεί να επιφέρει κέρδος φυσικού φωτός, θέρμανσης και αερισμού. Υπάρχουν διάφορα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, της άμεσης και έμμεσης ηλιακής προσόδου.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα άμεσης προσόδου είναι αυτά που εκμεταλλεύονται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ο Νότιος προσανατολισμός επιλέγεται συνήθως για την τοποθέτηση υαλοπετασμάτων τα οποία αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται, αποθηκεύοντας την στην θερμική μάζα του χώρου. Κατά αυτό τον τρόπο μειώνονται οι θερμικές απώλειες του χώρου καθώς και η θέρμανση του.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσης προσόδου είναι αυτά που δεν διοχετεύουν την ηλιακή ακτινοβολία άμεσα στον χώρο, αλλά συλλέγει την θερμότητα στον τοίχο με τον νότιο προσανατολισμό και την αποθηκεύει σε αυτόν. Συνήθως είναι σκουρό-χρωμοι για την καλύτερη συγκέντρωση θερμότητας, έχοντας ως κύριο σκοπό την διάθεση της θερμότητας στον χώρο με αργό ρυθμό. Υπάρχουν τρία βασικά συστήματα έμμεσης ηλιακής προσόδου και είναι :

1. Τοίχος μάζας : Είναι ένας συνδυασμός τοίχου νότιου προσανατολισμού και μίας εξωτερικής διάφανης επιφάνειας (συνήθως γυαλί) στη εξωτερική πλευρά του τοίχου σε απόσταση συνήθως 10cm. Η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου πρέπει να είναι σκουρόχρωμη ώστε να μεγιστοποιεί την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για να διασφαλίζει χρονική υστέρηση τουλάχιστον 6h ώστε η εσωτερική του επιφάνεια να έχει τη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή της νύχτας. Η απορροφημένη από τη γυάλινη επιφάνεια θερμότητα, αποθηκεύεται στον ηλιακό τοίχο μέσω αγωγιμότητας, συνεπώς δεν υπάρχουν ανοίγματα ή πόροι στην επιφάνειά του.
2. Τοίχος Trombe-Michel : Είναι τοίχος από μπετόν 30-40 εκατοστά, εξωτερικά βαμμένος με σκούρο χρώμα και μπροστά από αυτόν, σε απόσταση 5-10 εκατοστά υπάρχει μονός ή διπλός υαλοπίνακας. Η ονομασία του οφείλεται στο γάλλο καθηγητή Trombe, ο οποίος εφάρμοσε το σύστημα αυτό στα πρώτα ηλιακά σπίτια που κατασκευάστηκαν στη Γαλλία, τη δεκαετία του '60. Ο τοίχος έχει νότιο προσανατολισμό και στην εξωτερική του πλευρά υπάρχει κινητό σκίαστρο που προστατεύει το χώρο από τις θερμικές απώλειες τη νύχτα το χειμώνα και την υπερθέρμανση την ημέρα το καλοκαίρι. Για να διευκολυνθεί η κίνηση του αέρα που οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας στο πάνω και στο κάτω μέρος του τοίχου και σε όλο το μήκος του υπάρχουν στόμια. Τέλος η απομάκρυνση του ζεστού αέρα προς τα έξω το καλοκαίρι γίνεται μέσω ενός φεγγίτη που βρίσκεται στο πάνω μέρος του υαλοπίνακα.
Στα πλεονεκτήματα της κατασκευής του, συμπεριλαμβάνονται η υψηλή απόδοσή του, η ικανότητα αποθηκευτικότητας του και άρα η χρονική υστέρηση που παρουσιάζεται και συνεισφέρει στη θέρμανση του κτιρίου ακόμα και τις ώρες που δεν υπάρχει αρκετή ηλιοφάνεια έξω και τέλος η απλότητα στην κατασκευή και τη συντήρησή του. Βασικό του μειονέκτημα είναι ότι δεν επιτρέπει τη διείσδυση φωτός, τον αερισμό και την οπτική άνεση. Ωστόσο, το γεγονός ότι επιβάλλεται η χρήση του σε περιορισμένη μόνο επιφάνεια της όψης ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση, μειώνει αισθητά τα παραπάνω μειονεκτήματα, καθιστώντας τελικά τον τοίχο Trombe μία από τις καλύτερες επιλογές παθητικών ηλιακών συστημάτων από βιοκλιματικής άποψης.
3. Θερμοκήπιο : Το θερμοκήπιο ή σέρα ή ηλιακός χώρος είναι ένας κλειστός χώρος με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας και νότιο προσανατολισμό προσαρτημένο σε τμήμα του κτιρίου. Ο τρόπος λειτουργίας του ακολουθεί την παρακάτω αλληλουχία:

A) Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι ηλιακές ακτίνες εισέρχονται διαμέσου του υαλοπίνακα, εντός του ηλιακού χώρου, θερμαίνοντας τον αέρα που βρίσκεται εκεί. Η άνοδος της θερμοκρασίας οδηγεί σε μεγαλύτερη κίνηση των μορίων του αέρα.

Β) Το γυαλί, λόγω της αυξημένης θερμικής αγωγιμότητας που έχει, εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου προς το περιβάλλον, με αποτέλεσμα αυτή να διοχετεύεται διαμέσου του τοίχου της κατασκευής, προς τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

Γ) Η αυξημένη θερμοχωρητικότητα που παρέχουν τα υλικά του τοίχου, έχει σαν αποτέλεσμα την αποθήκευση μέρους της θερμότητας και εκπομπής της προς τον εσωτερικό χώρο με ορισμένη χρονική καθυστέρηση. Αυτό οδηγεί σε

θέρμανση του κτιρίου καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, αλλά και κατά τη διάρκεια της νύχτας (όπου έχει και τη μεγαλύτερη σημασία).

Δ) Παράλληλα, οι ποσότητες θερμότητας που εισέρχονται είναι σημαντικά μικρότερες από τις εξερχόμενες, λόγω της φυσικής ροής της θερμότητας (από περιοχές θερμότερες προς τις ψυχρότερες).

Η βέλτιστη κλίση του υαλοστασίου είναι μεταξύ 400-700 ως προς την οριζόντιο γιατί ο ήλιος προσπίπτει πιο κάθετα το χειμώνα, ενώ αποδεκτή είναι και η κατακόρυφη τοποθέτηση των γυάλινων επιφανειών του. Το σύστημα λειτουργεί καλύτερα αν μεταξύ του θερμοκηπίου και του κτιρίου υπάρχει τοίχος θερμικής αποθήκευσης κατασκευασμένος από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας. Η αύξηση της θερμοχωρητικότητας οδηγεί σε αύξηση της χρονικής υστέρησης στη μετάδοση θερμότητας και συνεπώς στη θέρμανση του κτιρίου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η απόδοσή του βελτιώνεται αν τοποθετηθούν θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος του τοίχου για την κίνηση του αέρα. Επιπλέον κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, το φαινόμενο της υπερθέρμανσης αποφεύγεται με το άνοιγμα των θυρίδων του υαλοστασίου, ώστε να απομακρύνεται ο θερμός αέρας.

Στα θετικά του στοιχεία, πέραν της αποθήκευσης θερμότητας προς όφελος του κτιρίου, συγκαταλέγεται η οπτική άνεση και η αρχιτεκτονική καλαισθησία. Μια τέτοια κατασκευή αποτελεί ουσιαστικά βελτίωση της παραδοσιακής βεράντας, αφού το γεγονός πως αποτελεί έναν κλειστό χώρο, βελτιώνει την ηχητική προστασία του κτιρίου και αυξάνει τα ενεργειακά του οφέλη. Στις εικόνες που ακολουθούν, φαίνονται η θεωρητική παρουσίαση του ηλιακού χώρου και μια πρακτική εφαρμογή του σε κατοικία. (Α. Σανδαλάκης, 2016)

4.3.10 Ενεργειακά Συστήματα και Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Τα βιοκλιματικά κτίρια βάση νομοθεσίας θα πρέπει να εγκαθίστανται συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, για την παραγωγή και τον συμψηφισμό ενέργειας. Οι ΑΠΕ που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η γεωθερμία, η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια καθώς η ανακύκλωση του νερού.

Όλα τα παραπάνω έχουν αναπτυχθεί στο Κεφάλαιο 1.

4.3.11 Παράδειγμα Δημόσιου Βιοκλιματικού Κτιρίου στην Λαμία.

Πρόκειται για το νέο βιοκλιματικό κτίριο της ΔΕΥΑ Λαμίας συνολικής έκτασης 4.110 m² το οποίο είναι πραγματικά ένα “κόσμημα” όχι μόνο για την περιοχή, αλλά για όλη την Ελλάδα και το οποίο φέρει την υπογραφή του Λαμιώτη Αρχιτέκτονα – Μηχανικού και καθηγητή στο Πανεπιστήμιο της Πάτρας, Βασίλη Τριανταφύλλου.

Η ψύξη – θέρμανση του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω δύο γεωθερμικών αντλιών 140 kW η καθεμία, οι οποίες τροφοδοτούνται από γεωενναλάκτη (16.000 m) οριζόντιας στρώσης, που έχει τοποθετηθεί

σ' όλη σχεδόν την έκταση του περιβάλλοντος χώρου. Στα γραφεία η ψύξη – θέρμανση γίνεται μέσω συστημάτων μεταφοράς θερμότητας με ανεμιστήρα (fan-coils) οροφής ή τοίχου και τα οποία τροφοδοτούνται μέσω δισωλήνιου συστήματος από τις γεωθερμικές αντλίες.

Για την ανανέωση του αέρα στους χώρους χρησιμοποιούνται μονάδες προκλιματισμένου αέρα, οι οποίες και αυτές τροφοδοτούνται από τις γεωθερμικές αντλίες. Στην αίθουσα εκδηλώσεων χρησιμοποιείται κλιματιστική μονάδα και μέσω αεραγωγών στην οροφή και χαμηλά γίνεται ο κλιματισμός της αίθουσας. Υπάρχει πλήρης ανεξαρτησία στα συστήματα ψύξης – θέρμανσης ανάλογα με τη χρήση τους (γραφεία, αίθουσα συσκέψεων, αίθουσα εκδηλώσεων και ταμεία) με σκοπό τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας στη λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών και των κυκλοφορητών.

Για το φωτισμό του κτιρίου χρησιμοποιήθηκαν λαμπτήρες φωτοδιόδων. Η επιλογή των λαμπτήρων έγινε έτσι, ώστε να επιτευχθεί η σωστή στάθμη φωτισμού στους διάφορους χώρους, καθώς και η σωστή ανάδειξη του κτιρίου στον εξωτερικό χώρο. Με την επιλογή των λαμπτήρων φωτοδιόδων επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας στην κατανάλωση για το φωτισμό που φτάνει συνολικά έως και το 60 %.

Επιπρόσθετα, στο κτίριο έχει τοποθετηθεί φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 114 kW. Το σύστημα αποτελείται από δύο επί μέρους συστήματα 90 kW στη στέγη του κτιρίου και 24 kW στα υαλοπετάσματα των όψεων. Σε επιλεγμένα σημεία του κτιρίου με σωστό προσανατολισμό έχουν τοποθετηθεί υαλοπίνακες που έχουν ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Στο υπόγειο του κτιρίου έχουν τοποθετηθεί 7 μετατροπείς συχνότητας (inverters) και οι κεντρικοί ηλεκτρικοί πίνακες. Η εκτιμώμενη παραγόμενη ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος καλύπτει σχεδόν 100 % τις ανάγκες του κτιρίου σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στην iq-buildings έγινε η ανάθεση της μελέτης και υλοποίησης του συστήματος αυτοματισμού (BMS) για το πρώτο δημόσιο βιοκλιματικό κτίριο ενεργειακά αυτόνομο στην Ελλάδα με λογική αυτοεκμάθησης, το οποίο ελέγχει όλα τα νευραλγικά συστήματα του κτιρίου, με σκοπό αφενός τον κεντρικό έλεγχο του κτιρίου και αφετέρου τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη λειτουργία του κτιρίου. Το παραπάνω κτίριο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά έργα-κατασκευές στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια.



Εικόνα 39 : Το πρώτο Δημόσιο Βιοκλιματικό στην Ελλάδα (ΔΕΥΑ Λαμίας)

Κεφάλαιο 5 : Μελέτη εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων και επεμβάσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας.

5.1 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην ταράτσα του κτηρίου.

Στην ταράτσα του κτηρίου υπάρχει μεγάλη ωφέλιμη επιφάνεια, για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, με στόχο τον συμψηφισμό της ηλεκτρικής ενέργειας. Το εμβαδόν του ωφέλιμου χώρου της ταράτσας είναι 775 m², με διαστάσεις ανά κομμάτι 10*40 m και 25*15 m. Η ταράτσα του κτηρίου θα χωριστεί σε δύο κομμάτια για την καλύτερη κατανοήση του σχεδίου της εγκατάστασης. Η περιοχή με το μικρότερο εμβαδόν συμβολίζεται με το γράμμα Β και η περιοχή με το μεγαλύτερο εμβαδόν με το Α. Για την παρούσα εγκατάσταση έχουν επιλεγθεί δύο πλαίσια της Sunpower, το P19 400 COM των 400 W και το Maxeon 2 360, των 360 W. Το κόστος των πλαισίων είναι 280 € για το P19 και 400 € για το Maxeon 2 αντίστοιχα. Έπειτα από την σχεδίαση των ενδεχόμενων πλάνων της εγκατάστασης, επιλέχθηκε στο P19 400 COM. Αυτή η επιλογή γίνεται μέσω διαφόρων κριτηρίων.

Τα κριτήρια αυτά, έχουν κάποια θετικά στοιχεία αλλά και αρνητικά. Τα θετικά της επιλογής αυτής είναι το χαμηλότερο κόστος αλλά και η μεγαλύτερη ισχύς τους, ενώ τα αρνητικά είναι το μεγαλύτερο εμβαδόν που καταλαμβάνει αλλά και ο χαμηλότερος βαθμός απόδοσης. Κατά την επεξεργασία των σχεδίων και με τα δύο πλαίσια, με το πλαίσιο Maxeon 2, εγκαθίστανται 4 kW παραπάνω, σε σχέση με το P19 400 COM, αλλά με το διπλάσιο σχεδόν κόστος (κόστος πλαισίων). Στον Πίνακα 5, αναγράφονται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων.

Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών πλαισίων.

SUNPOWER MAXEON 2-360 W		SUNPOWER P19-400 COM	
Pm	360 KW	Pm	400 W
Ανοχή ισχύς	-5 %	Ανοχή ισχύς	-5 %
N	20,40 %	n	19,40 %
Vm	59,10 V	Vm	44,80 V
Im	6,09 A	Im	8,93 A
Voc	70,60 V	Voc	53,60 V
Isc	6,50 A	Isc	9,50 A
Vmax system	1000 V IEC	Vmax system	1000 V IEC
Imax system	20 A	Imax system	18 A
Ύψος	1,69 m	Ύψος	2,067 m
Πλάτος	1,046 m	Πλάτος	0,998 m
Πάχος	0,040 m	Πάχος	0,046 m
Συντελεστής θερμοκρασίας-ισχύς	-0,35 % / °C	Συντελεστής θερμοκρασίας-ισχύς	-0,36 % / °C
Συντελεστής θερμοκρασίας-τάσης	-0,1976 % / °C	Συντελεστής θερμοκρασίας-τάσης	-0,29 % / °C

Συντελεστής θερμοκρασίας-ρεύματος	0,0026	% / °C	Συντελεστής θερμοκρασίας-ρεύματος	0,05	% / °C
-----------------------------------	--------	--------	-----------------------------------	------	--------

Για τον ενεργειακό συμψηφισμό στην παρούσα εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν μόνο τα 36 πλαίσια της περιοχής Α και όλα τα πλαίσια από την περιοχή Β. Τα υπόλοιπα πλαίσια της περιοχής Α (12 στο σύνολο) και τα πλαίσια στην οροφή του δωματίου της ταράτσας (32 στο σύνολο) θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία συστήματος κάλυψης φορτίων ασφαλείας (κατά την περίοδο διακοπής ρεύματος να διαχειρίζεται τα φορτία των διαδρόμων αλλά και της λειτουργίας του σέρβερ) και για την εγκατάσταση συστήματος φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στον εξωτερικό υπαίθριο χώρο του κτηρίου.

Κατά την σχεδίαση της εγκατάστασης, σχεδιάστηκε η τοποθέτηση των πλαισίων να γίνει είτε με την μεγαλύτερη πλευρά παράλληλη προς το έδαφος υπό γωνία 25°, είτε με την μικρότερη πλευρά τους παράλληλα στο έδαφος με κλίση υπό γωνία 25°. Τα δυο πιο έγκυρα σχέδια, είναι η τοποθέτηση των πλαισίων με την μεγαλύτερη πλευρά τους παράλληλα με το έδαφος υπό γωνία 25°.

Το πιο οικονομικά βέλτιστο σενάριο, είναι το P19 400 COM πλαίσιο παράλληλα με το έδαφος υπό γωνία 25°. Σύμφωνα με την νομοθεσία, το ύψος των πλαισίων από το έδαφος, συνάδει με το συντελεστή δόμησης τετραγώνου. Στο παρών σχέδιο, το ύψος των πλαισίων από το έδαφος είναι μικρότερο των 2 m (σύμφωνα με την ισχύουσα παλαιότερη νομοθεσία).

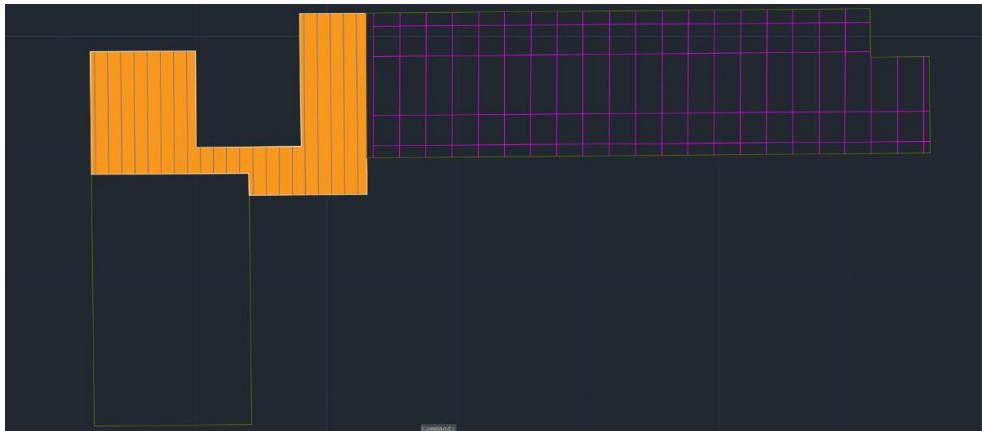
Οι βάσεις που έχουν επιλεγεί, θα προεξέχουν 0,25 m από το έδαφος (επίπεδο χαλικιού), για τον καλύτερο κυκλικό αερισμό τους αλλά και την αποφυγή οριακής σκίασης. Για να γίνει η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στην ταράτσα, θα πρέπει πρώτα να γίνουν κάποιες διεργασίες σε αυτήν. Η ταράτσα στην παρούσα της κατάσταση έχει ανεστραμμένη μόνωση, η οποία έχει δημιουργηθεί από το έτος κατασκευής του κτιρίου και χρίζει συντήρησης ή ανανέωσης. Οι διεργασίες αυτές θα πρέπει να γίνουν, ώστε οι βάσεις να γίνουν ένα σώμα με την υπάρχουσα κατασκευή.

Οι δύο λύσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν, είναι και χρονοβόρες αλλά και κοστοβόρες, εν μέρει. Η πρώτη λύση, είναι η απομάκρυνση του χαλικιού με προσοχή από την ταράτσα λόγω της μόνωσης που προϋπάρχει από κάτω, με στόχο την πάκτωση γαλβανιζέ ντιζών στην ήδη υπάρχουσα δομική πλάκα με την χρήση χημικών ανγκύριων ρητίνης. Αφού πακτωθούν οι ντιζες, μονώνεται ξανά η ταράτσα ώστε να αποφεύγετε η ύπαρξη θερμογεφυρών. Έπειτα τοποθετείται το πέδιλο («πλακάκι» σιδερένιο όπου θα ενωθούν οι βάσεις των φωτοβολταϊκών με τις ντιζες) και ρυθμίζεται στο επιθυμητό ύψος πάνω από την επιφάνεια της ταράτσας (διατηρείται κενό από την επιφάνεια του εδάφους ώστε να μην επηρεάζεται από την απορροή του νερού).

Έπειτα χρησιμοποιείτε το ασφαλόπιανο επικαλύπτεται από υβριδικό ελαστομερές στεγανωτικό υλικό. Τοποθετείτε το γεώφασμα και επικαλύπτεται με χαλίκι πάλι μέχρι το ύψος του πέδιλου (το πέδιλο θα είναι και αυτό γαλβανιζέ) και ενώνονται οι βάσεις των φωτοβολταϊκών με το πέδιλο μέσω βιδών που θα σφίγγουν σε παξιμάδι ασφαλείας. Επιπρόσθετα, κατά την τοποθέτηση των χαλικιών, δημιουργείτε υποδομή για την πάκτωση σωλήνας απομάκρυνσης των βρόχινων νερών, ακριβώς κάτω από την αρχή των πλαισίων σε βάθος 20cm. Περαιτέρω ανάλυση για την θερμομόνωση της ταράτσας θα πραγματοποιηθεί στην μελέτη Εξοικονόμησης Ενέργειας.

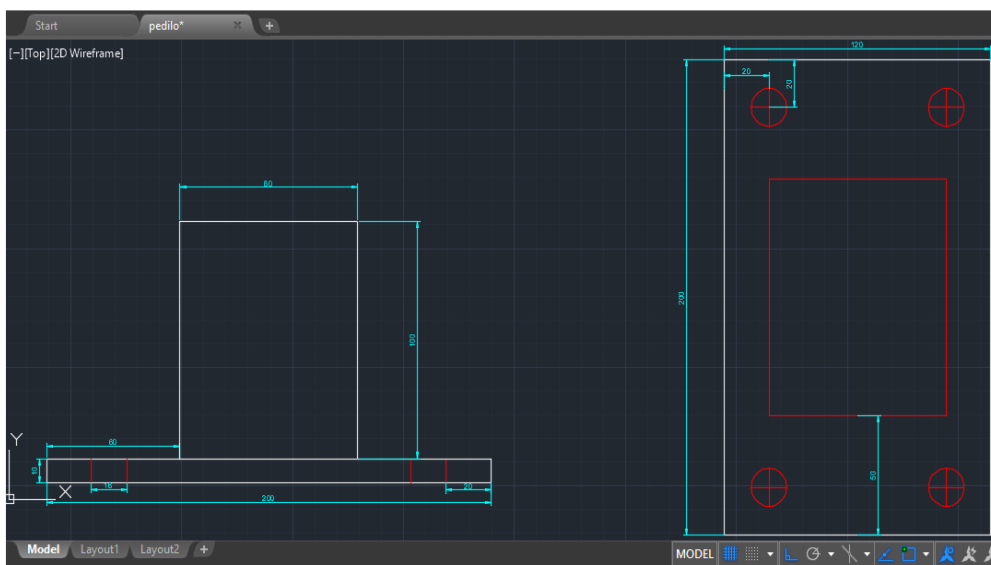
Η δεύτερη λύση, είναι η δημιουργία ανάλογης σιδηροκατασκευής για την δημιουργία ενός σώματος μέσω κοιλοδοκών, των βάσεων και του τοίχου. Οι κοιλοδοκοί θα μπουν σύμφωνα με το σχέδιο της Εικόνας 40. Η διαδικασία αυτή είναι πιο ακριβή από την πρώτη και επιβαρύνει περισσότερο την ήδη

υπάρχουσα κατασκευή. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση τοποθέτησης κοιλοδοκών, θα δημιουργηθούν θερμογέφυρες στα τοιχεία γύρω από την ταράτσα για την πρόσδεση τους σε αυτά. Η πρώτη λύση είναι πιο οικονομική και πιο εύκολη στην εγκατάσταση της. Στο τέλος της εργασίας, παρατίθεται το τεχνικό φυλλάδιο των ακύριων.



Εικόνα 40 :Σχέδιο τοποθέτησης κοιλοδοκών.

Στην Εικόνα 41, διακρίνεται το τεχνικό σχέδιο του «πέδιλου». Η εσοχή που διακρίνεται στο κέντρο, μπορεί να μεταβληθεί διαστασιολογικά σύμφωνα με το πάχος του κοιλοδοκού που έχει η βάση. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι οπές, όπου από εκεί περνούν οι ντίζες και με γαλάζιο χρώμα οι διαστάσεις του κάθε σημείου.



Εικόνα 41: Σχέδιο "πέδιλου"(πλάγια όψη και κάτωψη).

5.1.1 Υπολογισμός ηλιακής γεωμετρίας.

Η περιοχή της εγκατάστασης μας είναι στην Χαλέπα Χανίων, του Νομού Χανίων, με συντεταγμένες γεωγραφικού μήκους = 24,042 και γεωγραφικό πλάτος (φ) = 35,519. Για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ δύο σειρών, θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η σκίαση που δημιουργείται από τα

πλαίσια στην υπόλοιπη επιφάνεια του χώρου. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να βρεθεί το ύψος του χειμερινού ηλιοστασίου κατά την 21^η Δεκεμβρίου, όπου ο ήλιος βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο του ορίζοντα. Σύμφωνα με την θεωρία, η απόκλιση του ήλιου την 21^η Δεκεμβρίου είναι $\delta = -23,45$. Για να βρεθεί το ηλιακό ύψος για την 21^η Δεκεμβρίου, θα πρέπει να βρεθεί η γωνία 'η'. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται η μέγιστη σκίαση στο χαμηλότερο σημείο του ήλιου συνάμα και όλου του έτους.

Εύρεση χαμηλότερου ηλιοστάσιου : $\eta = 90^\circ - \theta = 31,05^\circ$

Όπου η γωνία 'θ' είναι : $\theta = \varphi - \delta = 35,50^\circ - (-23,45^\circ) = 58,95^\circ$

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα τοποθετηθούν σε κλίση 25° προς το έδαφος, καθώς στην κλίση αυτή αποδίδεται το ποσοστό του 100 % της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Βιβλιογραφικά αναγράφεται ότι η βέλτιστη ετήσια γωνία κλίσης είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της εκάστοτε τοποθεσίας εγκατάστασης. Όμως τον χειμώνα η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να είναι $10^\circ - 15^\circ$ μεγαλύτερη του γεωγραφικού πλάτους, ενώ το καλοκαίρι $10^\circ - 15^\circ$ μικρότερη του γεωγραφικού πλάτους της εκάστοτε τοποθεσίας εγκατάστασης. Για τον λόγο αυτό, επιλέγεται η βέλτιστη ετήσια γωνία κλίσης να είναι $7^\circ - 10^\circ$ μικρότερη του γεωγραφικού πλάτους του τόπου. Για την περιοχή των Χανίων, η βέλτιστη ετήσια κλίση είναι 28° .

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στην παρούσα εγκατάσταση θα τοποθετηθούν στις 25° κλίση, καθώς η διαφορά στο ποσοστό προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι ελάχιστο έως και μηδαμινό. Η απόσταση που καταλαμβάνουν δύο σειρές μεταξύ τους, είναι 'd'. Για να βρεθεί η απόσταση 'd', θα πρέπει να λυθεί η παρακάτω εξίσωση :

$$d = h * \left(\frac{\eta \mu (\eta + \beta)}{\eta \mu (\eta)} \right) \Leftrightarrow d = h * \left(\frac{\eta \mu (31,05^\circ + 25^\circ)}{\eta \mu (31,05^\circ)} \right) \Leftrightarrow d = h * \left(\frac{\eta \mu (56,05^\circ)}{\eta \mu (31,05^\circ)} \right) \Leftrightarrow$$

$$d = 0,998 \text{ m} * \left(\frac{0,831}{0,519} \right) \Leftrightarrow d = 1,598 \text{ m}$$

Όπου : h = το ύψος του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

β = η γωνία της κλίσης του συλλέκτη προς το οριζόντιο επίπεδο.

η = η γωνία που δείχνει το ύψος του ήλιου κατά την 21^η Δεκεμβρίου.

Με αυτό τον τρόπο, υπολογίστηκε η σκίαση για το χαμηλότερο ύψος του ήλιου, δηλαδή για το χειρότερο σενάριο. Κατά αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο σειρών για την αποφυγή της σκίασης καθόλη την διάρκεια του έτους. Έπειτα υπολογίζεται η απόσταση της προβολή που καταλαμβάνει στο έδαφος το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Δηλαδή, η απόσταση που καταλαμβάνει η φωτοβολταϊκή σειρά ως προς το έδαφος και συμβολίζεται με 'd₁'. Για να βρεθεί το 'd₁', θα πρέπει να λυθεί η παρακάτω εξίσωση:

$$d_1 = h * \sin(\beta) \leftrightarrow d_1 = 0,998 \text{ m} * \sin(25^\circ) \leftrightarrow d_1 = 0,998 \text{ m} * 0,906 \leftrightarrow d_1 = 0,904 \text{ m}$$

Αν τοποθετηθούν 3 σειρές παράλληλα τότε η νέα απόσταση που κατά-λαμβάνουν δύο σειρές μεταξύ τους είναι :

$$d = 1,598 \text{ m} * 3 = 4,794 \text{ m} \quad \text{και} \quad d_1 = 0,904 \text{ m} * 3 = 2,712 \text{ m}.$$

Εφόσον είναι γνωστή η προβολή των φωτοβολταϊκών που καταλαμβάνει μια σειρά στο έδαφος, τότε μπορεί να υπολογιστεί η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι σειρές. Η επιφάνεια που καταλαμβάνει μια σειρά, υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο :

$$F_S = [(v-1) * d + d_1] * y \leftrightarrow F_S = \left[(v-1) * \left(h * \left(\frac{\eta\mu(\eta+\beta)}{\eta\mu(\eta)} \right) \right) + (h * \sin(\beta)) \right] * y$$

$$\leftrightarrow F_{S1} = \left[(3-1) * \left(0,998 \text{ m} * \left(\frac{\eta\mu(56,05^\circ)}{\eta\mu(31,05^\circ)} \right) \right) + (0,998 \text{ m} * \sin(25^\circ)) \right] * 41,4 \text{ m}$$

$$\leftrightarrow F_{S1} = [(9,588 \text{ m}) + (2,712 \text{ m})] * 41,4 \text{ m} \quad \leftrightarrow F_{S1} = 509,22 \text{ m}^2$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται και τα F_{S2} & F_{S3} , τα οποία είναι :

$$F_{S2} = [(9,588 \text{ m}) + (2,712 \text{ m})] * 37,26 \text{ m} \leftrightarrow F_{S2} = 458,298 \text{ m}^2$$

$$F_{S3} = [(9,588 \text{ m}) + (2,712 \text{ m})] * 8,28 \text{ m} \leftrightarrow F_{S1} = 101,884 \text{ m}^2 * 3 = 305,532 \text{ m}^2$$

Οπότε η συνολική καταλαμβανομένη επιφάνεια που έχουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι :

$$F_{Sol} = F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} \leftrightarrow F_{Sol} = 509,22 \text{ m}^2 + 458,298 \text{ m}^2 + 305,532 \text{ m}^2 \leftrightarrow F_{Sol} = 1273,64 \text{ m}^2$$

Όπου : h = το ύψος του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

β = η γωνία της κλίσης του συλλέκτη προς το οριζόντιο επίπεδο.

η = η γωνία που δείχνει το ύψος του ήλιου κατά την 21^η Δεκεμβρίου.

d = η απόσταση μεταξύ δυο σειρών για την αποφυγή σκίασης κατά την 21^η Δεκεμβρίου.

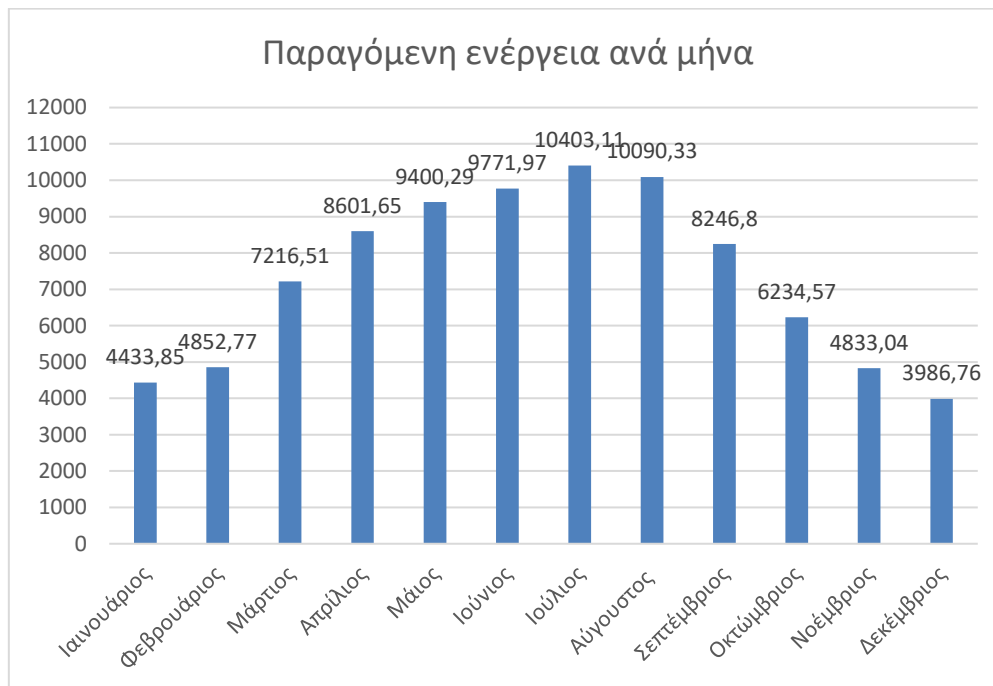
d_1 = η απόσταση που καταλαμβάνει η σειρά των φωτοβολταϊκών στο έδαφος.

v = ο αριθμός των σειρών.

y = το μήκος των σειρών.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 60 kW και η θεωρητικά αναμενόμενη παραγόμενη ενέργεια θα είναι 90000 kWh τον χρόνο. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή ιστοσελίδα PVGIS, αν υπάρξουν 20 % απώλειες, το σύστημα θα παράγει 88071,65 kWh το χρόνο. Παρατηρείται ότι η διαφορά αναμενόμενης παραγόμενης ενέργειας με την πραγματικά παραγόμενη είναι μικρή και αυτό είναι καλό, διότι είναι ένας δείκτης ο οποίος δείχνει ότι η παρούσα εγκατάσταση έχει σωστά τεχνικά χαρακτηριστικά (κλίση, αζιμούθιο, κλπ.). Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα της παραγόμενης ενέργειας ανά μήνα και οι τύποι για την εύρεση της εγκατεστημένης ισχύς και της θεωρητικά αναμενόμενης παραγόμενης ενέργειας.

Διάγραμμα 8 : Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας ανά μήνα σύμφωνα με το PVGIS.



$$\text{Τύπος υπολογισμού εγκατεστημένης ισχύς : } P_{εγκ} = \frac{150 \text{ πλαίσια}}{400 \frac{W_{peak}}{\text{πλαίσιο}}} = 60000 \text{ W}_{peak}$$

Τύπος θεωρητικά παραγόμενης ενέργειας :

$$P_{θεωρ.παρ} = 1500 \frac{kWh}{kW_{peak} * year} * 60 kW_{peak} = 90000 \frac{kWh}{year}$$

5.1.2 Υπολογισμός και επιλογή αντιστροφών.

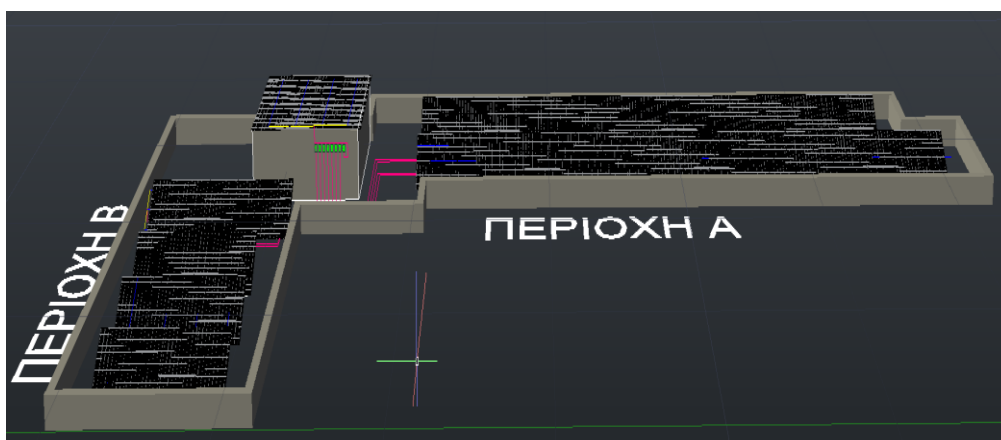
Σύμφωνα με το χωροταξικό σχέδιο της εγκατάστασης, υπάρχουν δύο τρόποι για να αναπτυχθεί το ηλεκτρολογική και ηλεκτρονική μελέτη της παρούσας εγκατάστασης. Για την επιλογή των αντιστροφών θα πρέπει να τηρούνται δύο βασικοί άτυποι κανόνες, πρώτον θα πρέπει όλο το σύστημα να έχει αντιστροφείς από την ίδια εταιρία ώστε να διαχειρίζονται εύκολα και μαζικά, και δεύτερον θα πρέπει τα φωτοβολταϊκά που θα συνδεθούν να έχουν τάση και ρεύμα στο εύρος τιμών του αντιστροφέα. Λόγω της χαμηλής τάσης που έχουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, είναι δύσκολο να βρεθούν τριφασικοί αντιστροφείς με χαμηλή τιμή εκκίνησης.

Οι παράμετροι που πρέπει να δοθεί προσοχή κατά την επιλογή ενός αντιστροφέα, είναι οι εξής τρεις. Αρχικά θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην τάση του MPP του φωτοβολταϊκού, καθώς καλό είναι η τιμή της να βρίσκεται εντός του εύρους τιμών του αντιστροφέα.

Σε περίπτωση που είναι χαμηλότερη η τάση του MPP από την τάση εκκίνησης του αντιστροφέα, δεν υπάρχει κάποιο ζήτημα με την λειτουργία του καθώς αυτός μετατρέπει την ισχύς που δίνεται από το MPP. Δεύτερη παράμετρος και πιο σημαντική από όλες, είναι όταν η τάση ανοιχτοκύκλωσης του φωτοβολταϊκού συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα. Στην περίπτωση αυτή, ο αντιστροφέας υπολειτουργεί και σε συνδυασμό με την τάση και την θερμοκρασία που έχει, μπορεί να καταστραφεί. Τρίτη και τελευταία παράμετρος, είναι όταν το ρεύμα βραχυκύκλωσης του φωτοβολταϊκού συλλέκτη είναι μεγαλύτερο από την μέγιστη τιμή εισόδου του αντιστροφέα. Στην περίπτωση αυτή, ο αντιστροφέας θα τροφοδοτεί το δίκτυο με την μέγιστη παραγόμενη ενέργεια.

Στην παρούσα εγκατάσταση, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που βρίσκονται κοντά στον οικίσκο ελέγχου θα έπρεπε υπό φυσιολογικές συνθήκες να συνδεθούν αυτόνομα σε δικό τους αντιστροφέα, ώστε να καλυφθεί το ενδεχόμενο της σκίασης και συνάμα μη σωστής λειτουργίας του υπόλοιπου συστήματος που θα ήταν συνδεδεμένα με αυτά. Στην παρούσα εγκατάσταση, δεν θα χρειασθεί να πραγματοποιηθεί αυτό, καθώς έχουν ληφθεί οι μέγιστες αποστάσεις σκίασης.

Σύμφωνα με την Εικόνα 42 (κάτοψη εγκατάστασης), διακρίνονται οι ομάδες των φωτοβολταϊκών που συνδέονται με τον κάθε αντιστροφέα καθώς και ο τρόπος σύνδεσης τους.



Εικόνα 42 : Σχεδιάγραμμα τρόπου σύνδεσης φωτοβολταϊκών με αντιστροφέα.

Στην Εικόνα 42 διακρίνεται το σχέδιο σύνδεσης των φωτοβολταϊκών με τους αντιστροφέες. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζεται η σύνδεση των φωτοβολταϊκών σε παράλληλη σύνδεση ενώ με μπλε χρώμα την κατά σειρά σύνδεση. Με μοβ χρώμα διακρίνεται η διαδρομή του καλωδίου από την ομάδα φωτοβολταϊκών που συνδέεται μέχρι τον αντίστοιχο αντιστροφέα της κάθε ομάδας. Στο σχέδιο αναγράφονται και οι αντιστροφέες σε κάθε ομάδα φωτοβολταϊκών. Στο τέλος της εργασίας επισυνάπτονται τα τεχνικά φυλλάδια των αντιστροφέων καθώς και μεγαλύτερη απεικόνιση του σχεδίου. Στην παρούσα εγκατάσταση, θα πρέπει να αναφερθεί ότι, οι αντιστροφέες θα τοποθετηθούν κάτω από ειδικό σκίαστρο (πάνελ πολυαιρεθάνης) στο εξωτερικό μέρος του ήδη υπάρχον κτηρίου της ταράτσας.

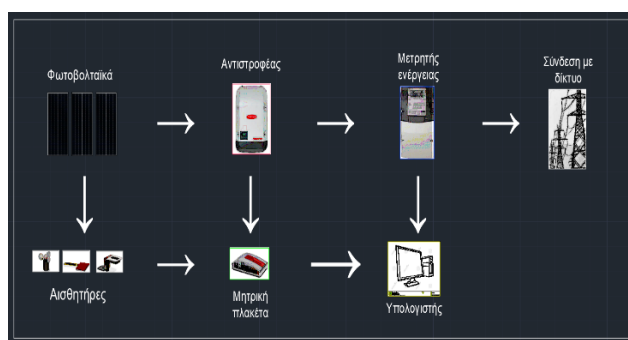
Στον Πίνακα 6 αναγράφονται οι ονομασίες των αντιστροφέν βάση αύξουσας σειράς σύνδεσης. Όλοι οι αντιστροφείς είναι τριφασικοί και η επιτήρηση τους θα γίνεται μέσω του προγράμματος Fronius Solar Web, καθώς και όλη η εγκατάσταση συνολικά.

Πίνακας 6 : Πίνακας επιλέξιμων αντιστροφέν βάση αύξουσας σειράς.

α/α	Ονομασία	α/α	Ονομασία
1	Fronius Symo GEN24 6 kW	5	Fronius Symo 12.5-3-M
2	Fronius Symo 7.0-3-M	6	Fronius Symo 10-3-M
3	Fronius Symo 7.0-3-M	7	Fronius Symo 10-3-M
4	Fronius Symo 12.5-3-M	8&9	Fronius Primo GEN24 6 kW

Στους αντιστροφείς θα ενσωματωθούν κατάλληλες μητρικές πλακέτες (Fronius Data Manager 2.0) για την καταγραφή των δεδομένων λειτουργίας τους. Οι μητρικές πλακέτες είναι υπεύθυνες για την καταγραφή αλλά και την μεταφορά των δεδομένων του αντιστροφέα στο κεντρικό σύστημα παρακολούθησης. Στην παρούσα εγκατάσταση θα τοποθετηθούν και κουτιά λήψης δεδομένων από αισθητήρες (Fronius Sensor box), τα οποία θα λαμβάνουν τα δεδομένα από τους αισθητήρες και θα τα μεταφέρουν στο κεντρικό σύστημα. Οι αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι αισθητήρες θερμοκρασίας πλαισίων (3 αισθητήρες/αντιστροφέα), αισθητήρες μέτρησης προσπίπτουσας ακτινοβολίας (1 αισθητήρας /αντιστροφέα), αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας περιβάλλοντος καθώς και αισθητήρα μέτρησης ανέμου. Τα δεδομένα θα συλλέγονται στο εκάστοτε συνδεδεμένο κουτί λήψης δεδομένων που θα είναι συνδεδεμένο με την κάθε ομάδα φωτοβολταϊκών, θα επεξεργάζεται τα δεδομένα και θα επικοινωνεί με το κεντρικό σύστημα δεδομένων .

Στο κεντρικό σύστημα θα εμφανίζονται τα δεδομένα των φωτοβολταϊκών καθώς και των αντιστροφέν και σε συνδυασμό με τα δεδομένα του περιβάλλοντος, θα δίνουν στον χρήστη μια ολοκληρωμένη εικόνα της εγκατάστασης και του τρόπου λειτουργίας της. Ο χρήστης τότε θα είναι σε θέση να κατανοήσει αν λειτουργεί ορθά η εγκατάσταση καθώς και να βρίσκει τυχόν προβλήματα-ανωμαλίες στο ολικό σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο θα υπάρχει σε ένα κεντρικό σύστημα ο πλήρης έλεγχος της εγκατάστασης αλλά και δεδομένα που θα είναι χρήσιμα και για τον ίδιο τον χρήστη αλλά και για την εκμάθηση τους και επεξεργασίας τους στην Σχολή Ηλεκτρονικών Μηχανικών.



Εικόνα 43 : Τρόπος σύνδεσης συσκευών επιτήρησης εγκατάστασης.

5.1.3 Διαστασιολόγηση καλωδίων.

Το αμέσως επόμενο βήμα έπειτα από την επιλογή των κατάλληλων αντιστροφών, είναι η επιλογή της κατάλληλης διατομής καλωδίου. Το μέγιστο μήκος καλωδίου που θα χρειαστεί για μια ομάδα φωτοβολταϊκών (για τον αντιστροφή Fropius SYMO 12.5-3-M) είναι περίπου 40m μέχρι το σκίαστρο.

Πρώτο βήμα, είναι η εύρεση του μέγιστου ρεύματος που θα διαπερνά το καλώδιο και έπειτα βρίσκουμε την ελάχιστη διατομή του.

$$I_{max} = I_{sc} * 1,25 \leftrightarrow I_{max} = 3 * 9,05 A * 1,25 \leftrightarrow I_{max} = 33,94 A$$

Για να υπολογιστεί η διατομή του καλωδίου θα πρέπει να λυθεί η παρακάτω εξίσωση:

$$\frac{\Delta V}{V} = 2 * \left(\frac{l * I}{V * K * A} \right) \leftrightarrow 0,01 = 2 * \left(\frac{40 m * 33,94 A}{448 V * 58 \frac{m}{\Omega * mm^2} * A} \right)$$

$$\leftrightarrow A_{min} = 2 * \left(\frac{40 m * 33,94 A}{448 V * 58 \frac{m}{\Omega * mm^2} * 0,01} \right) \leftrightarrow A_{min} = 10,45 mm^2$$

Όπου : l = το μήκος του καλωδίου
 I = το μέγιστο ρεύμα καλωδίου
 V = η μέγιστη τάση των φωτοβολταϊκών
 K = η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού
 A_{min} = η ελάχιστη διατομή καλωδίου

Το αμέσως επόμενο βήμα, να διαπιστωθεί αν η αύξηση της θερμοκρασίας δημιουργεί προβλήματα υπερφόρτισης στο καλώδιο, καθώς να γίνει και ο υπολογισμός της ωμικής αντίστασης του καλωδίου. Εφόσον το καλώδιο θα βρίσκεται στο έδαφος, η μέγιστη συνεχής επιτρεπόμενη φόρτιση είναι 73A. Επιπλέον, ο διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική ως τους 90°C και για θερμοκρασία περιβάλλοντος 71-80 °C, είναι 0,41. Αυτό σημαίνει ότι αν η μέγιστη ένταση στο καλώδιο στο έδαφος είναι μεγαλύτερη από το μέγιστο ρεύμα που το διαπερνά τότε θα υπάρξει πρόβλημα.

$$I_{max,ground} = 0,41 * 73 A \leftrightarrow I_{max,ground} = 29,93 A < 36,75 A$$

Για τον υπολογισμό της ωμικής αντίστασης (συνολικής) του καλωδίου, θα πρέπει να επιλυθεί ο παρακάτω τύπος :

$$R = \rho * \frac{2 * l}{A} \leftrightarrow R = 0,0172 \left(\Omega * \frac{mm^2}{m} \right) * \frac{2 * 40 m}{16 mm^2} \leftrightarrow R = 0,086 \Omega$$

Όπου : ρ = η ειδική αντίσταση του χαλκού

l = το μήκος του καλωδίου

A = η διατομή του καλωδίου

Η ελάχιστη διατομή του καλωδίου που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί θα είναι $16mm^2$. Από την θεωρία, είναι γνωστό ότι η τάση αυξομειώνεται ανάλογα με τις συνθήκες και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό, επιλέγεται καλώδιο διατομής $16mm^2$ ώστε να αποφευχθούν τέτοιες περιπτώσεις. Η ίδια διατομή καλωδίου θα χρησιμοποιηθεί και στον Fronius Symo 10-3-M. Στον Πίνακα 3 διακρίνεται η μεταβολή της αντίστασης, συναρτήσε της μεταβολής της θερμοκρασίας.

Πίνακας 7 : Πίνακας μεταβολής της ωμικής αντίστασης συναρτήσε της μεταβολής της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

θ (°C)	R_θ	θ (°C)	R_θ	θ (°C)	R_θ	θ (°C)	R_θ	θ (°C)	R_θ
-5	1,0370	-1	1,0551	3	1,0732	15	1,1274	35	1,2178
-4	1,0415	0	1,0596	4	1,0777	20	1,1500	40	1,2404
-3	1,0460	1	1,064	5	1,0822	25	1,1726	50	1,2856
-2	1,0506	2	1,0686	10	1,1048	30	1,1952	60	1,3308

Τέλος, θα πρέπει να βρεθεί η σχετική απώλεια ισχύος σε σχέση με την ονομαστική ισχύ, αλλά και την συνολική απώλεια ισχύος. Η συνολική απώλεια ισχύος βρίσκεται από τον παρακάτω τύπο:

$$P_{loss} = I_{max,\phi\beta}^2 * R \leftrightarrow P_{loss} = 717,70 A * 0,086 \Omega \leftrightarrow P_{loss} = 61,72 W$$

Η σχετική απώλεια ισχύος σε σχέση με την ονομαστική ισχύ (DC πλευρά), επιλύεται από τον παρακάτω τύπο και θα πρέπει το ποσοστό της να είναι μικρότερο του 1%, για να μην υπάρχει πρόβλημα απωλειών.

$$\frac{P_{loss}}{P_{DC}} = \frac{61,72 W}{12500 W} = 0,0049 \% < 1\%$$

Αποδεικνύεται, ότι για τον συγκεκριμένο αντιστροφέα δεν υπάρχουν απώλειες και δεν υπερφορτίζεται το καλώδιο. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το καλώδιο θα τοποθετηθεί μέσα στο έδαφος μέσα σε ειδικό κάλυμμα (σωλήνα γαλβανιζέ), ώστε να μην εκτίθεται σε νερά από την βροχή ή από άλλη πηγή, αλλά ούτε σε σκόνη και αέρα. Αυτό θα διαφυλάσσει την παράταση ζωής του καλωδίου αλλά και την σωστή λειτουργία του.

Για την περιοχή Β, όπου οι αντιστροφείς είναι μικρότερης ισχύος και είναι πιο κοντά στο στέγαστρο, η διατομή του καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί είναι :

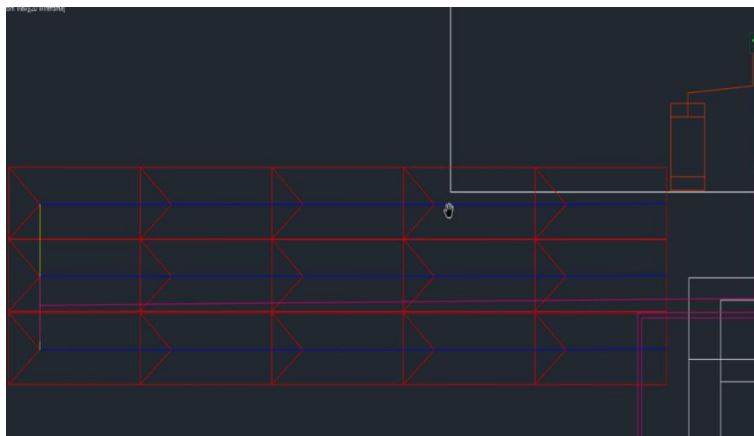
$$\frac{\Delta V}{V} = 2 * \left(\frac{l * I}{V * K * A} \right) \leftrightarrow 0,01 = 2 * \left(\frac{25m * 22,62 A}{403,2 V * 58 \frac{m}{\Omega * mm^2} * A} \right) \leftrightarrow A_{min} = 4,84mm^2$$

Οπότε για να αποφευχθεί το ίδιο πρόβλημα με το παραπάνω, θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο διαμέτρου 10 mm². Το συνολικό μήκος καλωδίων που θα χρησιμοποιηθεί είναι 200m για διατομή 16 mm² και 60m για διατομή 10 mm². Στην παρούσα εγκατάσταση, ο μετρητής θα τοποθετηθεί εντός του κτηρίου που υπάρχει στην ταράτσα.

5.2 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων για την κάλυψη φορτίων ασφαλείας-κρίσιμων φορτίων στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης (διακοπή ρεύματος).

Στην παρούσα εγκατάσταση θα τοποθετηθεί και μελετηθεί, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων για την κάλυψη των κρίσιμων φορτίων σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Στην περιοχή Α, θα τοποθετηθεί μια ομάδα φωτοβολταϊκών (15 πλαισίων) συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 6000W. Αυτό το σύστημα εγκαθίσταται με την προοπτική της κάλυψης βασικών αναγκών με τον φωτισμό των σημείων εισόδου-εξόδου του κοινού από το κτήριο σε περίπτωση διακοπής κατά τα απογευματινά εκπαιδευτικά ωράρια, αλλά και την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων του server για την ομαλή διεξαγωγή των διαδικτυακών υπηρεσιών.

Για το σύστημα αυτό, θα τοποθετηθούν 15 συνολικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με διάταξη 5 πλαισίων επί 3 σειρών όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 44. Η τοποθέτησή τους θα ισχύει σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της υπόλοιπης εγκατάστασης (κλίση 25°, προσανατολισμό νότιο και η μεγαλύτερη πλευρά τους παράλληλα με το έδαφος) αλλά θα αλλάζει η συνδεσμολογία τους. Η συνδεσμολογία τους θα γίνει με 5 πλαίσια ανά σειρά και 3 παράλληλες σειρές. Στην παρούσα φάση δεν ενδείκνυται η συνολική τάση εξόδου της ομάδας να είναι σε συγκεκριμένο εύρος, διότι η ενέργεια που θα παράγεται θα πηγαίνει στον ρυθμιστή φόρτισης.



Εικόνα 44 : Σχέδιο ηλεκτρολογικής σύνδεσης πλαισίων και διαδρομής καλωδίου προς τον ρυθμιστή φόρτισης.

Έτσι, η συνολική τάση της κάθε σειράς θα είναι 224 V (σχεδόν μιάμιση φορά μεγαλύτερη της τάσης εκκίνησης) και ο αντιστροφέας θα λειτουργεί στο εύρος λειτουργίας του. Στην Εικόνα 44 με μωβ χρώμα διακρίνεται η διαδρομή του καλωδίου από την έξοδο της ομάδας των φωτοβολταϊκών έως τον ρυθμιστή φόρτισης. Ο ρυθμιστής φόρτισης θα τοποθετηθεί εντός του δωματίου που υπάρχει στην ταράτσα, σε κατάλληλη θέση μαζί με τις μπαταρίες. Θα διαμορφωθεί μια κατάλληλη κατασκευή ώστε να είναι τοποθετημένα σε κοντινή απόσταση χωροθετημένα και να μην χρησιμοποιηθούν πολλά μέτρα καλώδιο.

Υπάρχουν δύο περιπτώσεις επιλογής κατάλληλων μπαταριών και αυτό συμβαίνει λόγω της συνδεσιμότητας των μπαταριών με το υπόλοιπο σύστημα. Η πρώτη περίπτωση, είναι η επιλογή μπαταριών που δεν είναι συμβατές με το λογισμικό τους συστήματος της υπόλοιπης εγκατάστασης (Solar Web). Σε αυτή την περίπτωση μπορούν να τοποθετηθούν οι συγκεκριμένες μπαταρίες, αλλά να μην μπορεί να γίνει η κατάλληλη καταγραφή διαχείριση των δεδομένων τους (εισαγόμενη-εξαγόμενη ενέργεια, βαθμός εκφόρτισης κλπ.) καθώς και των μεταβολών των χαρακτηριστικών στοιχείων τους (τάση εισόδου μπαταριών, μεταβολή ροής ενέργειας κ.α).

Στην δεύτερη περίπτωση, προτείνεται από την εταιρία των αντιστροφέων (Fonius) ο συνδυασμός ενός κατάλληλου αντιστροφέα με κάποιες συγκεκριμένες μπαταρίες των εταιριών της LG και BYD. Σύμφωνα με την πρόταση της εταιρίας, ο αντιστροφέας «Fronius Primo GEN24 Plus 6kW» μπορεί να συνδεθεί με την μπαταρία BYD Battery-Box Premium HVS 7,7kWh. Το αμέσως επόμενο βήμα είναι η μελέτη της διαστασιολόγησης του καλωδίου για την παρούσα εγκατάσταση.

Πίνακας 8 : Πίνακας τιμών για την διαστασιολόγηση του καλωδίου στο σύστημα φωτοβολταϊκά-μπαταρίες- φορτία UPS .

Μήκος καλωδίου σύνδεσης φωτοβολταϊκών-αντιστροφέα (l)	20 m
Τιμή μέγιστου ρεύματος εξόδου φωτοβολταϊκών για 3 σειρές (I)	26,79 A
Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης φωτοβολταϊκών για 3 σειρές (I _{sc})	27,15 A
Τιμή μέγιστης τάσης εξόδου φωτοβολταϊκών για 1 σειρά (V _m)	224 V
Μέγιστη αναμενόμενη τιμή έντασης ρεύματος που διαπερνά το καλώδιο (I _m)	33,94 A
Ειδική αγωγιμότητα χαλκού (K)	58 m/Ω* mm ²
Ελάχιστη διατομή καλωδίου (A _{min})	10,45 mm ²
Μέγιστη πτώση τάσης Φ/Β πλαίσια – αντιστροφέας	0,01
Μέγιστη συνεχής επιτρεπόμενη πτώση τάσης στο έδαφος	73 A
Συνολική Ωμική αντίσταση καλωδίου (R)	0,043 Ω
Ειδική αντίσταση αγωγού (ρ)	0,0172 Ω·mm ² /m
Διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική έως τους 90°C και για θερμοκρασία περιβάλλοντος 71-80 °C	0,41
Συνολική απώλεια ισχύος (P _{loss})	30,86 W
Σχετική απώλεια ισχύος (P _{loss} / P _{Dc})	0.0051

Η διατομή του καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι 16 mm^2 , ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο της καταστροφής του καλωδίου από υπέρταση λόγω καιρικών συνθηκών και άλλων προβλημάτων. Η μπαταρία θα συνδεθεί με τα φορτία των UPS και μέσω της κατάλληλης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, σε περίπτωση διακοπής θα αλλάζει πηγή ενέργειας τους και θα δίνεται ενέργειας σε αυτά μέσω τροφοδότησης της μπαταρίας. Η ενέργεια σε περίπτωση διακοπής θα εξαντλείται στο μέγιστο της αποθηκευμένης καθώς δεν υπάρχει πρόβλημα η μπαταρία να εκφορτιστεί έως και 100%, λόγω των χαρακτηριστικών των υλικών κατασκευής της.

5.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην σκεπή του δωματίου που βρίσκεται εντός της ταράτσας για την χρήση φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

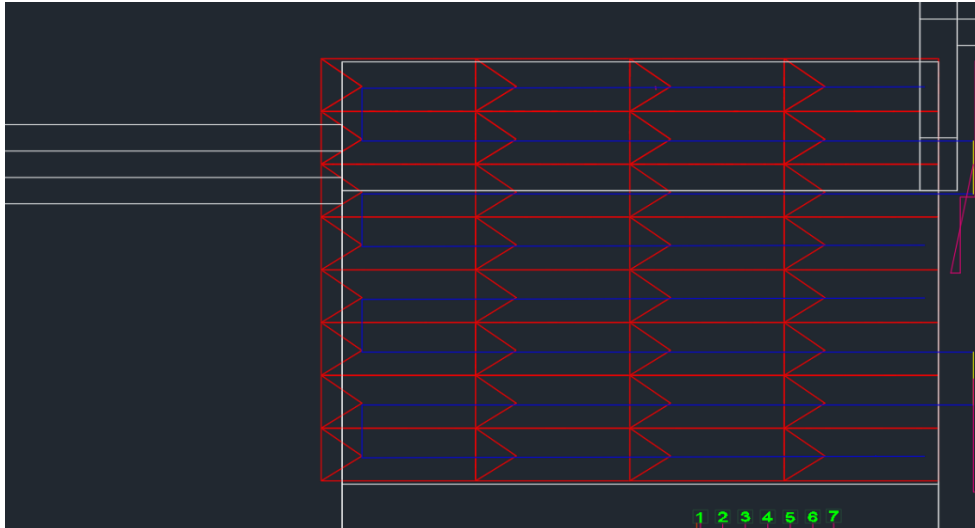
Στην παρούσα εγκατάσταση, πέραν του εκμεταλλεύσιμου χώρου της ταράτσας υπάρχει και ένα μικρό δωμάτιο σε αυτήν που θα χρησιμοποιηθεί ως κέντρο ελέγχου. Το συγκεκριμένο δωμάτιο, εκτός από το χαμηλό του ύψος από την επιφάνεια του χαλικιού, δεν έχει κάποια σκεπή. Αυτό είναι ένα πλεονέκτημα, καθώς αφήνει τα περιθώρια εκμετάλλευσής του. Το αρνητικό του στοιχείο είναι ότι αν τοποθετηθεί κάτι επάνω στην ταράτσα του δωματίου αυτού, αυτομάτως αυξάνεται η περιοχή σκίασης στην Περιοχή Β.

Για τον λόγο αυτό, αν τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια επάνω σε αυτήν θα πρέπει να χωροθετηθούν κατάλληλα ώστε να μην αυξήσουν κατά πολύ την σκίαση στην Περιοχή Β. Για να υπάρξει η μέγιστη απορρόφηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, τα πλαίσια θα πρέπει να τοποθετηθούν με κλίση 25° και Νότιο προσανατολισμό. Ανάλογα με το ύψος της κάθε σειράς, αυξάνεται και η απόσταση της σκίασης στην Περιοχή Β. Αν τα πλαίσια τοποθετηθούν με την μεγαλύτερη πλευρά τους παράλληλα με το έδαφος, το ένα πλαίσιο θα σκιάζει 2m απόσταση στην Περιοχή Β. Αν τα πλαίσια τοποθετηθούν με την μικρή πλευρά τους παράλληλα με το έδαφος, το ένα πλαίσιο θα σκιάζει 4m απόσταση στην Περιοχή Β.

Ως μία ενδεικτική λύση λοιπόν, προτείνεται η εγκατάσταση των πλαισίων με κλίση 2% ως προς την ταράτσα του δωματίου. Κατά αυτό τον τρόπο μειώνεται η σκίαση στο μέγιστο και μπορούν να τοποθετηθούν περισσότερα πλαίσια. Το αρνητικό της συγκεκριμένης λύσης είναι ότι δεν θα μπορεί να απορριφθεί το μέγιστο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά κατά ένα μεγάλο αρκετά ποσό (90 %). Επιπρόσθετα στην κλίση 2% ως προς την ταράτσα του δωματίου, τα πλαίσια θα αερίζονται-ψύχονται καλύτερα αλλά θα απομακρύνετε και η σκόνη που κα καθίζει σε αυτά ευκολότερο σε σχέση με την κλίση 0%.

Για την κάλυψη των αναγκών φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων, θα τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής ισχύος 12,8 kW. Ο συνολικός αριθμός των πλαισίων που θα εγκατασταθούν είναι 32 και η ισχύς του ανέρχεται στα 400 W. Στην Εικόνα 45, διακρίνεται η τοποθέτηση των πλαισίων στην ταράτσα του δωματίου καθώς και ο τρόπος σύνδεσής τους.

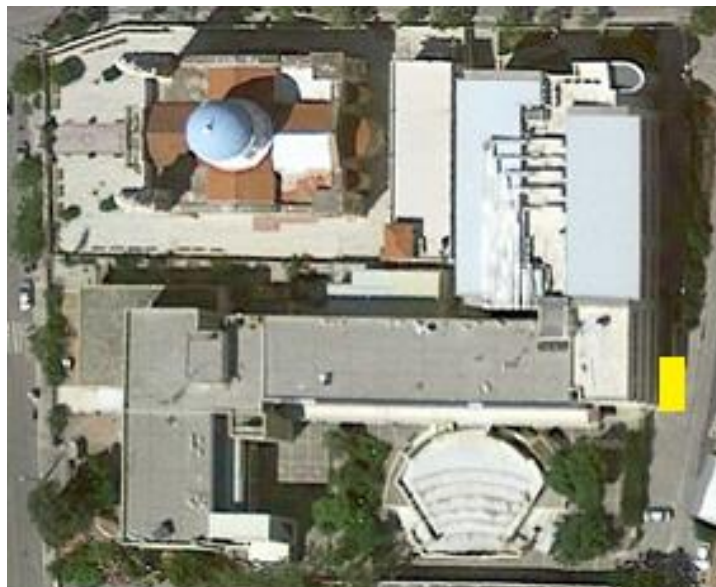
Όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 45, η μεταξύ τους σύνδεση των φωτοβολταϊκών γίνεται σε δύο σειρές των 8 πλαισίων η κάθε μια με μέγιστη τάση ίση με 358,4 V και μέγιστη ένταση ρεύματος 9,2 A. Οι δύο σειρές θα συνδέονται παράλληλα και θα συνδέονται με τον Fronius Symo GEN24. Η μέγιστη τάση βρίσκεται εντός του εύρους MPPT και μάλιστα προς την μέγιστη τιμή του. Η ηλεκτρολογική σύνδεση της ομάδας αυτής με τους φορτιστές, είναι η σύνδεση των πλαισίων με τον αντιστροφέα και αυτός με την σειρά του με τους φορτιστές.



Εικόνα 45 : Σχέδιο τοποθέτησης φωτοβολταϊκών για την εκμετάλλευσή τους για την φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων καθώς και του τρόπου σύνδεσής τους.

Για την επιλογή του κατάλληλου φορτιστή, θα πρέπει να καλύπτονται δύο βασικοί παράγοντες. Πρώτος παράγοντας που θα πρέπει να τηρείται, είναι η αναλογία των ατόμων που θα χρησιμοποιούν του φορτιστές σε σχέση με την ενέργεια που παράγουν. Δηλαδή, αν η ενέργεια που θα χρειάζονται η φορτιστές θα είναι η μέγιστη ισχύς εξόδου κατά την διάρκεια της μέρας. Δεύτερος παράγοντας είναι ο τρόπος που θα χωροθετηθούν οι φορτιστές. Επειδή ο χώρος που θα τοποθετηθούν οι φορτιστές αφήνει περιθώρια για έως και 3 φορτιστές, τότε θα τοποθετηθούν όσο πιο πολλοί γίνονται με την λιγότερη ισχύς.

Το σημείο τοποθέτησης των φορτιστών διακρίνεται στην Εικόνα 46, μέσω του παραλληλόγραμμου (με κίτρινο χρώμα). Η επιφάνεια που θα καλύπτει το υπόστεγο που θα τοποθετηθούν οι φορτιστές είναι 50 m².



Εικόνα 46 : Χωροθέτηση του σημείου τοποθέτησης των φορτιστών στον υφιστάμενο χώρο του κτηρίου.

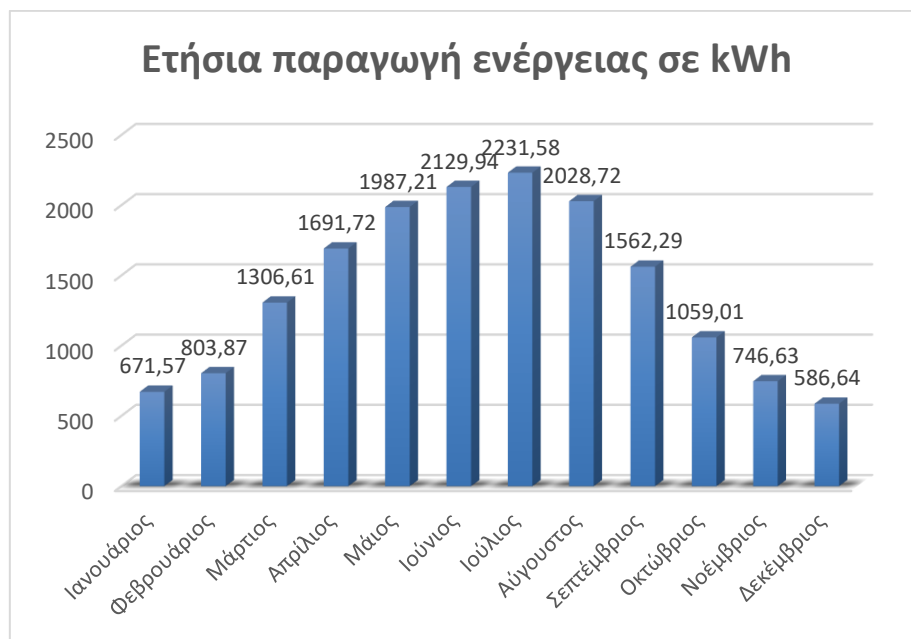
Λόγω της κλίσης των φωτοβολταϊκών (2°) και όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, τα φωτοβολταϊκά θα μπορούν να απορροφήσουν το 90% της ηλιακής προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αυτό σημαίνει ότι από την εγκατεστημένη ισχύ των 12,8 kW, θα μειωθεί η ισχύς του συστήματος αυτόματα σε 11,52 kW. Αν το σύστημα της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών έχει μια απώλεια 20%, τότε η παραγόμενη ετήσια ενέργεια θα είναι :

Τύπος θεωρητικά παραγόμενης ενέργειας :

$$P_{\text{θεωρ.παρ}} = 1500 \frac{\text{kWh}}{\text{kWpeak} * \text{year}} * 11,52 \text{ kWpeak} = 17280 \frac{\text{kWh}}{\text{year}}$$

Σύμφωνα με το πρόγραμμα PV-GIS, οι απώλειες του συστήματος θα είναι της τάξης του 30% περίπου και η τελική ενέργεια που θα λαμβάνεται σύμφωνα με αυτό θα είναι 16760,79 kWh. Στο Διάγραμμα 9 διακρίνεται η παραγωγή ενέργειας σε μηνιαία βάση.

Διάγραμμα 9 : Διάγραμμα παραγόμενης ενέργειας ανά μήνα σύμφωνα με το PVGIS.



Για το σύστημα φωτοβολταϊκά-φορτιστής ηλεκτρικών αυτοκινήτων υπάρχουν δύο τρόποι κατασκευής. Ο πρώτος τρόπος, είναι η σύνδεση των φωτοβολταϊκών με τον αντιστροφέα και αυτός με την σειρά του με τους φορτιστές. Ο τρόπος αυτός μπορεί να λειτουργεί και με τις δύο κατηγορίες ρεύματος των φορτιστών. Το μειονέκτημα σε αυτόν τον τρόπο εγκατάστασης είναι ότι η ενέργεια που θα παράγεται θα πρέπει να καταναλώνεται και ταυτόχρονα.

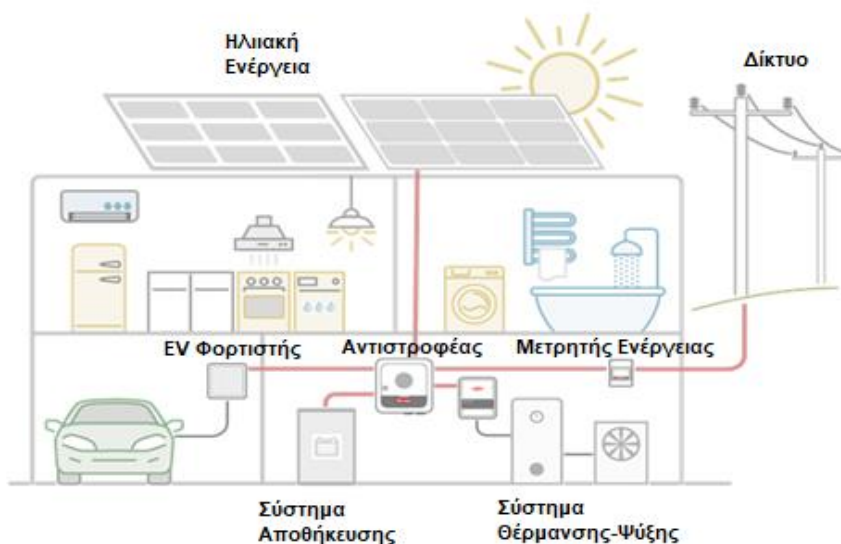
Επειδή οι ώρες αιχμής των φωτοβολταϊκών είναι από τις 12 π.μ. έως και της 4 μ.μ. και λόγω της συγκοινωνιακής αιχμής που υπάρχει εκείνη την χρονική περίοδο, είναι δύσκολο να υπάρξει αυτή η απευθείας παραγωγή-κατανάλωση ενέργειας.

Ο δεύτερος τρόπος εγκατάστασης του συστήματος αυτού, είναι σύνδεση των φωτοβολταϊκών να γίνει με ένα σύστημα ρυθμιστή μπαταρίας και μπαταριών και μετά μέσω ενός αντιστροφέα να καταλήγει στους φορτιστές. Το σύστημα αυτό είναι πιο περίπλοκο, αλλά είναι πιο αποδοτικό καθώς δεν χάνεται κάποιο ποσό ενέργειας από αυτό που παράγεται.

Κατά αυτόν τον τρόπο υπάρχουν ελάχιστες σπατάλες ενέργειας και ο σταθμός θα μπορεί να λειτουργεί όλο το 24ωρο. Επιπλέον λόγω των ελάχιστων ηλεκτρικών αυτοκινήτων που υπάρχουν στην χώρα μας την παρούσα χρονική περίοδο, είναι προτιμότερο το σενάριο της αποθήκευσης ενέργειας.

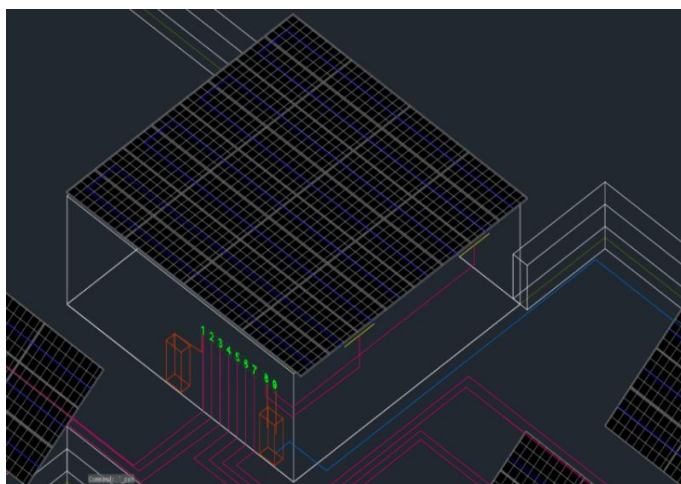
Η Fronius δίνει μια ολοκληρωμένη λύση για την αποθήκευση αλλά και την μετατροπή της αποθηκευμένης ενέργειας για την ανάλογη χρήση. Η εταιρία προτείνει την εγκατάσταση ενός αντιστροφέα της κατηγορίας GEN24 (ανάλογα με την χρήση του) και την σύνδεση του με την συμβατή μπαταρία της BYD Premium HVS/HVM (ανάλογα με την φάση εξόδου της εκάστοτε χρήσης). Ο αντιστροφέας έχει την δυνατότητα της διαχείρισης πολλαπλών ροών, δηλαδή μπορεί να δίνει παράλληλα και συνεχές αλλά και εναλλασσόμενο ρεύμα. Έτσι, ο αντιστροφέας λειτουργεί και ως διανομέας ενέργειας με αποτέλεσμα να διαχειρίζεται όλο τις διασυνδεδεμένες συσκευές σε αυτό.

Στην παρούσα εγκατάσταση λόγω της μικρής ισχύς των φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων, λειτουργούν σε μονή φάση ρεύματος και για τον λόγο αυτό επιλέγεται η μπαταρία BYD Premium HVM 13,8 kW σε συνδυασμό με δύο αντιστροφείς Fronius Primo GEN24 6 kW. Η σύνδεση θα γίνει με την μορφή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 47, αλλά η μόνη διαφορά σε σχέση με το υπό διαμόρφωση σύστημα είναι ο τελικός αποδέκτης της ενέργειας.



Εικόνα 47 : Διάγραμμα σύνδεσης συστήματος αποθήκευσης.

Για το παρόν σύστημα θα εγκατασταθεί εντός του δωματίου που βρίσκεται στην ταράτσα του κτηρίου η μπαταρία αποθήκευσης της ενέργειας και εκτός αυτού οι αντιστροφείς. Η θέση εγκατάστασης των παραπάνω γίνεται για πρακτικούς λόγους. Πρώτος και κυριότερος λόγος, είναι η χωροθέτηση όλων των συστημάτων σε συγκεκριμένο χώρο για την καλύτερη επιτήρηση τους. Δεύτερος λόγος και εξίσου σημαντικός, είναι η αποθήκευση και ασφάλεια του εξοπλισμού καθώς κοστίζουν ένα μεγάλο χρηματικό ποσό. Τρίτος και τελευταίος λόγος είναι η απώλεια ενέργειας που πραγματοποιείται κατά την μεταφορά ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.



Εικόνα 48 : Απεικόνιση της συνολικής εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών καθώς και των επιπρόσθετων συστημάτων τους.

Όπως και στην προηγούμενη μελέτη (εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για συμψηφισμό ενέργειας) το πρώτο πράγμα που θα υπολογιστεί, είναι η διατομή καλωδίου σύνδεσης των ομάδων των φωτοβολταϊκών με τους αντιστροφείς. Σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους θα ισχύει :

Πίνακας 9 : Πίνακας τιμών για την διαστασιολόγηση του καλωδίου στην παρούσα εγκατάσταση.

Μήκος καλωδίου σύνδεσης φωτοβολταϊκών-αντιστροφέα (l)	10 m
Τιμή μέγιστου ρεύματος εξόδου φωτοβολταϊκών για 2 σειρές (I)	17,86 A
Τιμή ρεύματος βραχυκύκλωσης φωτοβολταϊκών για 2 σειρές (I_{sc})	18,10 A
Τιμή μέγιστης τάσης εξόδου φωτοβολταϊκών για 1 σειρά (V_m)	358,4 V
Μέγιστη αναμενόμενη τιμή έντασης ρεύματος που διαπερνά το καλώδιο (I_m)	22,62 A
Ειδική αγωγιμότητα χαλκού (K)	58 m/Ω* mm ²
Ελάχιστη διατομή καλωδίου (A_{min})	1.71 mm ²
Επιλεγμένη διατομή καλωδίου	6 mm ²
Μέγιστη πτώση τάσης Φ/Β πλαίσια – αντιστροφέας	0,01
Μέγιστη συνεχής επιτρεπόμενη πτώση τάσης στον αέρα	135 A
Μέγιστη ένταση καλωδίου στον αέρα ($I_{max-air}$)	55.35
Συνολική Ωμική αντίσταση καλωδίου (R)	0.057
Ειδική αντίσταση αγωγού (ρ)	0,0172 Ω· mm ² /m
Διορθωτικός συντελεστής για καλώδια με μόνωση ανθεκτική ως τους 90°C και για θερμοκρασία περιβάλλοντος 71-80 °C	0,41
Συνολική απώλεια ισχύος (P_{loss})	40.90
Σχετική απώλεια ισχύος (P_{loss} / P_{DC})	0.0068

Η διατομή καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί από τις μπαταρίες προς την εγκατάσταση των φορτιστών ηλεκτρικών αυτοκινήτων, σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο θα είναι :

$$A_{min} = 2 * \left(\frac{90 \text{ m} * 75 \text{ A}}{280 \text{ V} * 135 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 0,01} \right) \leftrightarrow A_{min} = 35,71 \text{ mm}^2$$

Άρα θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο διατομής 35 mm², έτσι ώστε να ανταπεξέρχεται ακόμα και σε ακραία σενάρια (75A για 5 δευτερόλεπτα και 280V μέγιστη τάση). Κατά αυτό τον τρόπο θα διασφαλίζεται η ορθή λειτουργία του συστήματος και η αποφυγή αλλοίωσης του καλωδίου, ακόμα και στην μέγιστη δυνατή λειτουργία του. Στην παρούσα εγκατάσταση θα τοποθετηθούν 3 φορτιστές ABB Terra AC W4-S-0 και η συνολική τους ισχύς θα είναι 11,1kW. Στην περίπτωση αυτή, η ενέργεια που θα αποθηκεύεται θα είναι πλήρης και για την πλήρη λειτουργία και των 3 παράλληλα, αλλά και θα καλύπτει το εύρος της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου.

5.4 Επεμβάσεις στο ήδη υπάρχον κτίριο με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

5.4.1 Αλλαγή φωτιστικών πλαισίων.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας στο κτήριο θα πρέπει να γίνουν κάποιες αλλαγές στον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό του κτηρίου, στο εσωτερικό και εξωτερικό κέλυφος καθώς και στην θέρμανση-ψύξη του κτηρίου. Κάθε χρόνο σπαταλάτε μεγάλο ποσοστό ενέργειας για την χρήση φωτισμού στους χώρους του κτηρίου οι οποίοι μπορεί να μην χρησιμοποιούνται εκείνη την στιγμή είτε έχουν ξεχαστεί οι διακόπτες ανοικτοί. Οπότε λοιπόν, θα πρέπει να γίνει κάποια αναρρύθμιση του τρόπου φωτισμού του κτηρίου ώστε να εξοικονομείτε ένα ποσοστό ενέργειας αλλά και να τοποθετηθούν νέας γενιάς συσκευές.

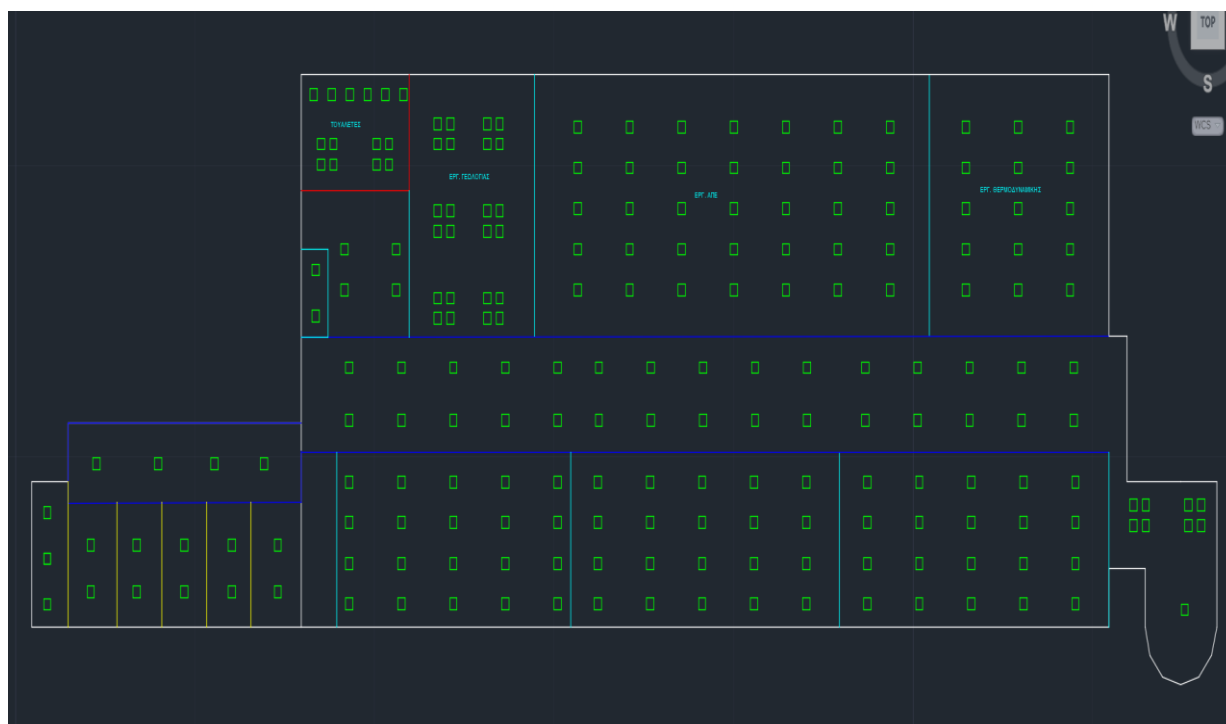
Στην παρούσα φάση θα μελετηθεί για ένα κομμάτι του συνολικού κτηρίου (νέο κτήριο) και τον τρόπο με τον οποίο θα επιτυγχανόταν εξοικονόμηση ενέργειας. Η πρώτη και κύρια αλλαγή που θα πρέπει να γίνει, είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με αυτούς των LED. Οι λαμπτήρες φθορισμού εκτός από την μεγαλύτερη κατανάλωση σε σχέση με αυτούς των LED, έχουν λιγότερο χρόνο ζωής και σε περίπτωση έκρηξης τους, είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία. Οι λαμπτήρες φθορισμού που υπάρχουν στο κτήριο, είναι εγκατεστημένοι σε πλαίσιο τετράδας, με 18W ο κάθε λαμπτήρας, με συνολική ισχύς πλαισίου τα 72W. Στον παρακάτω πίνακα διακρίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των λαμπτήρων φθορισμού.

Πίνακας 10 : Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών λαμπτήρα φθορισμού.

Wattage	18	Lifetime (h)	18000
Rated luminous flux (Lm)	1300	Energy class	A
Luminous efficacy (Lm/W)	72	Product code	4050300224879
Colour code	865	D (mm)	56
Colour Temperature (K)	6500	A (mm)	590

Στο νέο κτήριο υπάρχουν 2 όροφοι και το ισόγειο. Το παρακάτω σχέδιο απεικονίζει τον χωροταξικό σχεδιασμό των ορόφων, όπου φαίνονται τα γραφεία των καθηγητών, οι αίθουσες-εργαστήρια καθώς και οι διάδρομοι με τις τουαλέτες. Ο κάθε όροφος, φιλοξενεί τρεις αίθουσες εργαστηρίων, τρεις αίθουσες διδασκαλίας, τα γραφεία των καθηγητών και τις τουαλέτες. Το νέο κτήριο επιπλέον, χρησιμοποιείται και από τα δύο τμήματα που στεγάζει το ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πολύωρη χρήση του καθώς και την μεγαλύτερη ποσότητα δαπάνης ενέργειας στο συνολικό κτήριο. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε και ως το κομμάτι μελέτης για την εξοικονόμηση ενέργειας στην παρούσα εργασία.

Ένα από τα κύρια κριτήρια επιλογής του κτηρίου αυτού εκτός από την διαρκή χρήση του, είναι και η κατανομή της δαπανώμενης ενέργειας ως προς την διάρκεια της μέρας. Δηλαδή, κατά την διάρκεια της μέρας μπορεί να χρησιμοποιηθούν δύο αίθουσες και δύο εργαστήρια για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας είτε να χρησιμοποιηθούν σχεδόν όλες οι αίθουσες και όλα τα εργαστήρια κατά την διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 49 : Σχέδιο κάτοψης ορόφου νέου κτηρίου με απεικόνιση των λαμπτήρων ανά χώρο.

Στην Εικόνα 49 απεικονίζεται κάτοψη ενός ορόφου καθώς και ο τρόπος εγκατά-στασης των φωτιστικών πλαισίων. Με γαλάζιο χρώμα διακρίνονται οι χώροι των αιθουσών και των εργαστηρίων, με κίτρινο χρώμα διακρίνονται τα γραφεία, με κόκκινο οι τουαλέτες και με μπλε σκούρο ο διάδρομος.

Για να αποτιμηθεί η κατανάλωση που θα έχουν οι εγκατεστημένοι λαμπτήρες φθορίου θα πρέπει να εξεταστούν δύο σενάρια, το βέλτιστο και το χειρότερο. Το σενάριο υπολειτουργίας είναι όταν στον όροφο χρησιμοποιούνται οι αίθουσες, καθώς και τα εργαστήρια κατά μέσο όρο 4 ώρες την ημέρα . Το σενάριο κανονικής λειτουργίας της σχολής είναι όταν στον όροφο χρησιμοποιούνται οι αίθουσες καθώς και τα εργαστήρια κατά μέσο όρο 6+ ώρες την ημέρα. Παρακάτω λοιπόν, θα γίνει μια αποτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε φωτισμό και για τα δύο πιθανά σενάρια. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί θα βρίσκονται στο παράρτημα των υπολογισμών στο τέλος της εργασίας.

Ο Πίνακας 11 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και χρημάτων με την αλλαγή των λαμπτήρων φθορισμού, σε λαμπτήρες τεχνολογίας LED. Και στα δύο σενάρια λειτουργίας της Σχολής, παρατηρείται μια πτώση κατανάλωσης της τάξης του 45% σε σχέση με την κατανάλωση των λαμπτήρων φθορισμού.

Μια επιπλέον επέμβαση στον τομέα εξοικονόμησης ενέργειας μέσω του φωτισμού είναι η αλλαγή των διακοπών φωτισμού που υπάρχουν, με διακόπτες αφής που μπορούν να ανοίγουν μέσω ίντερνετ και να προγραμματίζονται για το χρόνο λειτουργίας τους εξ αποστάσεως. Αυτό θα επιτρέψει στον διαχειριστή να φωτίζει τις αίθουσες μόνο κατά το ωράριο των μαθημάτων που τους αντιστοιχεί, μειώνοντας την σπατάλη ενέργειας έτσι. Οι διακόπτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι αφής τελευταίας τεχνολογίας και μπορούν να ρυθμιστούν είτε από το κινητό είτε από κεντρικό σύστημα. Στο τέλος της εργασίας επισυνάπτεται το τεχνικό του φυλλάδιο.

Πίνακας 11 : Αποτελέσματα υπολογισμών από την αντικατάσταση λαμπτήρων στο καινούργιο κτίριο.

ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ				ΣΕΝΑΡΙΟ ΥΠΟΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ			
Λαμπτήρες	Φθορισμού	Λαμπτήρες	LED	Λαμπτήρες	Φθορισμού	Λαμπτήρες	LED
Πλαίσια	210,00	Πλαίσια	210,00	Πλαίσια	210,00	Πλαίσια	210,00
Ισχύς πλαισίου (W)	72,00	Ισχύς πλαισίου (W)	40,00	Ισχύς πλαισίου (W)	72,00	Ισχύς πλαισίου (W)	40,00
Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	15,12	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	8,40	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	15,12	Εγκατεστημένη ισχύς (kW)	8,40
Ώρες λειτουργίας (h)	7,00	Ώρες λειτουργίας (h)	7,00	Ώρες λειτουργίας (h)	4,00	Ώρες λειτουργίας (h)	4,00
Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/day)	105,84	Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/day)	58,80	Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/day)	60,48	Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/day)	33,60
Ημέρες/ Έτος	260	Ημέρες/ Έτος	260	Ημέρες/ Έτος	260	Ημέρες/ Έτος	260
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/year)	27518,40	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/year)	15288,00	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/year)	15724,80	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά όροφο (kWh/year)	8736,00
Ετήσιο κόστος ενέργειας ανά όροφο (€)	3027,02	Ετήσιο κόστος ενέργειας ανά όροφο (€)	1681,68	Ετήσιο κόστος ενέργειας ανά όροφο (€)	1729,73	Ετήσιο κόστος ενέργειας ανά όροφο (€)	960,96
		Εξοικονόμηση Ενέργειας/ Έτος ανά όροφο (kWh/year)	12230,40			Εξοικονόμηση Ενέργειας/ Έτος ανά όροφο (kWh/year)	6988,80
		Ετήσιο κόστος εξοικονόμησης ανά όροφο (€)	1345,34			Ετήσιο κόστος εξοικονόμησης ανά όροφο (€)	768,77
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τους 3 ορόφους (kWh/year)	82555,20	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τους 3 ορόφους (kWh/year)	45864,00	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τους 3 ορόφους (kWh/year)	47174,40	Ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τους 3 ορόφους (kWh/year)	26208,00
Ετήσιο κόστος ενέργειας για τους 3 ορόφους (€)	9081,07	Ετήσιο κόστος ενέργειας για τους 3 ορόφους (€)	5045,04	Ετήσιο κόστος ενέργειας για τους 3 ορόφους (€)	5189,18	Ετήσιο κόστος ενέργειας για τους 3 ορόφους (€)	2306,30
		Εξοικονόμηση Ενέργειας/ Έτος για τους 3 ορόφους (kWh/year)	36691,20			Εξοικονόμηση Ενέργειας/ Έτος για τους 3 ορόφους (kWh/year)	20966,40
		Ετήσιο κόστος εξοικονόμησης για τους 3 ορόφους (€)	4036,03			Ετήσιο κόστος εξοικονόμησης για τους 3 ορόφους (€)	2306,30

5.4.2 Τοποθέτηση αντιηλιακών μεμβρανών στους υπάρχον υαλοπίνακες ή αντικατάσταση τους.

Η δεύτερη επέμβαση που μπορεί να γίνει με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, είναι η τοποθέτηση αντιηλιακών μεμβρανών στα κουφώματα του κτηρίου. Οι αντιηλιακές μεμβράνες εκτός από την μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτηρίου και συνάμα την μεταφορά θερμότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την εξοικονόμηση ενέργειας και την δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών άνεσης σε έναν χώρο. Τα αναφερόμενα πλεονεκτήματα παραπάνω βελτιώνουν εκτός από τις συνθήκες στο εσωτερικό του χώρου (φωτεινότητα, θερμοκρασία, εξοικονόμηση ενέργειας) βοηθούν και τα άτομα που υπάρχουν στο εσωτερικό του χώρου να αποδίδουν καλύτερα σε όλους τους τομείς (ψυχολογία, συγκέντρωση, κατάσταση υγείας κλπ).

Το παράθυρο της παρούσας εγκατάστασης αποτελείται από διπλό τζάμι με ενδιάμεσο κενό 12 mm. Το πλαίσιο του είναι από αλουμίνιο και η σχέση παραθύρου(συνολική κατασκευή) με το κούφωμα είναι $F=20\%$. Επιπλέον γύρω από τον υαλοπίνακα υπάρχει θερμοδιακόπτης και οι διαστάσεις της κατασκευής είναι:

Πίνακας 12 : Τυπικές διαστάσεις παραθύρου καθώς και των υπομερών του.

	H (ύψος σε m)	L (μήκος σε m)	Εμβαδόν Επιφάνειας (m ²)
Παράθυρο	1,40	3,5	4,90
Υαλοπίνακας	1,20	1,00	1,20 (*3)
Κούφωμα	0,10	4,80	0,48 (*3)
Θερμοδιακόπτης	0,01	4,40	0,044

Στην παρούσα εγκατάσταση, θα τοποθετηθούν στους υαλοπίνακες των παραθύρων αντιηλιακές μεμβράνες με απώτερο σκοπό την μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας και συνάμα της καλύτερης συνθήκης άνεσης εντός του χώρου, αλλά και την εξοικονόμηση ενέργειας. Στην παρούσα μελέτη υπάρχουν τρεις τρόποι-σενάρια πιθανής τοποθέτησης των αντιηλιακών μεμβρανών και θα αναπτυχθούν παρακάτω.

Στο πρώτο σενάριο τοποθέτησης των αντιηλιακών μεμβρανών, είναι η τοποθέτησή τους σε όλους του υαλοπίνακες πλην του πρώτου και τελευταίου όπως φαίνεται στην Εικόνα 50. Στην εικόνα με κίτρινο χρώμα διακρίνεται ο τοίχος, με λευκό το κούφωμα και με γκρι οι αντιηλιακές μεμβράνες. Ο τρόπος τοποθέτησης αυτός βοηθά στην μεγαλύτερη εισαγωγή εξωτερικής ακτινοβολίας καθώς και του καλύτερου φυσικού φωτισμού λόγω της αντανάκλασης του φωτός στους τοίχους καθώς και τον πίνακα. Στην περίπτωση αυτή θα υπάρχουν μεγάλα ποσά θερμικών απωλειών καθώς το ποσό της ακτινοβολίας που θα διέρχεται από τους υαλοπίνακες χωρίς μεμβράνη, θα δημιουργεί μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας σε αυτό, με αποτέλεσμα να χρειάζονται μεγαλύτερα ποσά κατανάλωσης ενέργειας για την θέρμανση- ψύξη του χώρου.



Εικόνα 50 : Σχέδιο τρόπου τοποθέτησης αντιηλιακών μεμβρανών (σενάριο 1).

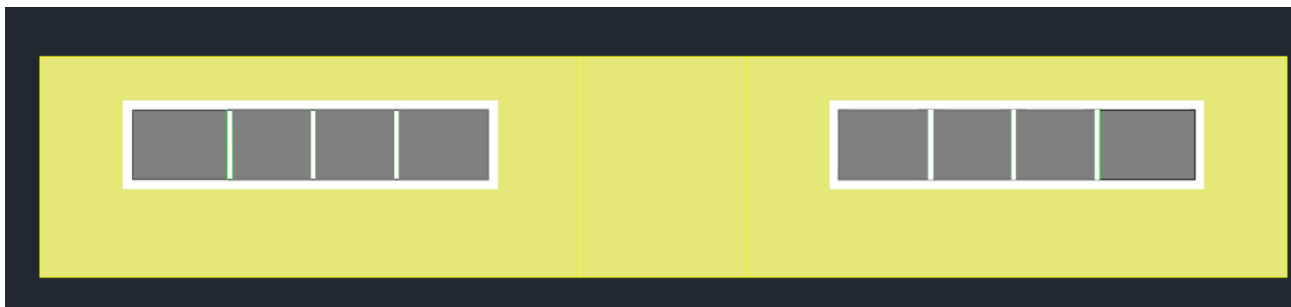
Στο δεύτερο σενάριο τοποθέτησης των αντιηλιακών μεμβρανών, είναι η τοποθέτησή τους σε όλους του υαλοπίνακες πλην του πρώτου και τελευταίου στο 80 % του συνόλου του υαλοπίνακα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 51. Ο τρόπος τοποθέτησης αυτός βοηθά στην μεγαλύτερη εισαγωγή εξωτερικής ακτινοβολίας και συνάμα του καλύτερου φυσικού φωτισμού λόγω της αντανάκλασης του ηλιακού φωτός στους τοίχους καθώς και τον πίνακα. Το 80% της κάλυψης των υαλοπινάκων πραγματοποιείται με τον συγκεκριμένο τρόπο, διότι στο κάτω μέρος του υαλοπίνακα η ακτινοβολία χτυπά στο πάτωμα και ανακλάται στο εσωτερικό του χώρου. Στο πάνω ακάλυπτο κομμάτι του υαλοπίνακα, η ακτινοβολία που εισέρχεται σε αυτό ανακλάται στους απέναντι τοίχους και έτσι επιτυγχάνεται καλύτερος φυσικός φωτισμός αλλά θα υπάρξει απώλεια θερμικής ενέργειας. Λόγω της απώλειας θερμότητας που δημιουργείται το σενάριο τοποθέτησης της αντιηλιακής μεμβράνης με αυτό τον τρόπο απορρίπτεται.



Εικόνα 51 : Σχέδιο τρόπου εγκατάστασης αντιηλιακών μεμβρανών (σενάριο 2).

Το τρίτο σενάριο τοποθέτησης των αντιηλιακών μεμβρανών, είναι η εξ' ολοκλήρου κάλυψη όλου του υαλοπίνακα από την μεμβράνη όπως διακρίνεται παρακάτω. Κατά την εξ' ολοκλήρου κάλυψη του υαλοπίνακα, δεν επιτρέπεται η εισαγωγή μεγάλου ποσοστού φυσικού φωτισμού στον εσωτερικό χώρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απώλειας και αλλαγής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου αλλά και την διατήρηση μιας σταθερής έντασης φωτός στο εσωτερικό του.

Αυτό το σενάριο είναι το πιο σύνηθες διότι δημιουργεί μια άνεση στο χώρο αλλά δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου θερμικές απώλειες από την εσωτερική μάζα του κτηρίου.



Εικόνα 52 : Σχέδιο τρόπου εγκατάστασης αντηλιακών μεμβρανών (σενάριο 3).

Για να επιλεγεί το καταλληλότερο σενάριο από τα παραπάνω, θα πρέπει να υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας στην κατανάλωση για θέρμανση-ψύξη αλλά και στο κατάλληλο εσωτερικό φωτισμό του χώρου. Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί ο δείκτης U-value, όπου μέσω των κατάλληλων τύπων (οι υπολογισμοί βρίσκονται στο τέλος της εργασίας) θα βρεθεί το ποσό εξοικονόμησης ενέργειας σε ωριαία αλλά και ημερήσια βάση λειτουργίας του κτηρίου, για το σενάριο τοποθέτησης με την μικρότερη απώλεια θερμικής ενέργειας.

Πίνακας 13 : Εμβαδά επιφάνειας υαλοπινάκων ανά εσωτερικό χώρο του κτηρίου.

Παράθυρα	Επιφάνεια παραθύρου (m ²)	Επιφάνεια υαλοπινάκων (m ²)	Συνολική επιφάνεια υαλοπινάκων ανά όροφο (m ²)
Αίθουσες (όλες ίδιες διαστάσεις)	$2 \times 3,5 \times 1,4 = 9,8$	$6 \times 1,00 \times 1,20 = 7,20$	$3 \times 7,20 = 21,60$
Εργαστήριο ΑΠΕ, Εργαστήριο DML (1 ^{ος} όροφος). Αντίστοιχα και στον 2 ^ο όροφο.	$2 \times 3,7 \times 1,4 = 10,36$	$6 \times 1,05 \times 1,20 = 7,56$	$4 \times 7,56 = 15,12$
Εργαστήριο κ. Κόκκινου (1 ^{ος} όροφος). Αντίστοιχα και στον 2 ^ο όροφο.	$4 \times 1,4 = 5,6$	$2 \times 1,2 \times 1,8 = 4,32$	$2 \times 4,32 = 8,64$
Γραφεία καθηγητών (όλα ίδιες διαστάσεις)	$3,4 \times 1,4 = 4,76$	$3 \times 1,2 \times 0,9 = 3,24$	$4 \times 3,24 = 12,96$

Αν γίνει η αναγωγή για τα παράθυρα που υπάρχουν σε μια τάξη (6 παράθυρα) ή σε ένα γραφείο (2 παράθυρα), το ποσό απωλειών θερμότητας είναι τεράστιο. Το κάθε παράθυρο έχει 3 υαλοπίνακες και οι παρακάτω διαστάσεις αναφέρονται στις συνολικές διαστάσεις του παραθύρου. Οι επιφάνειες που αναφέρονται αναγράφονται ανά όροφο με συνολικό εμβαδό υαλοπινάκων 58,32 m² δίχως την μέτρηση της επιφάνειας των υαλοπετασμάτων της πρόσοψης επί της οδού Προφήτη Ηλία καθώς και των παραθύρων επί της οδού αυτής. Η συνολική επιφάνεια και στους 3 ορόφους είναι 174,96 m².

Πίνακας 14 : Δείκτες συντελεστών θερμοπερατότητας και ηλιακού θερμικού κέρδους, κάθε επιμέρους τμήματος του παραθύρου .

Παράθυρα	Επιφάνεια υαλοπινάκων (m ²)	Συντελεστές θερμοπερατότητας χωρίς μεμβράνη (W/m ² *K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας με μεμβράνη 1 (W/m ² *K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας με μεμβράνη 2 (W/m ² *K)	Συντελεστές θερμοπερατότητας νέο ενεργειακού κουφώματος (W/m ² *K)
Αίθουσες (όλες ίδιες διαστάσεις)	1,00 x 1,20 = 1,20	3,23	2,93	3,17	1,34
Εργαστήριο ΑΠΕ, Εργαστήριο DML (1 ^{ος} όροφος). Αντίστοιχα και στον 2 ^ο όροφο.	1,05 x 1,20 = 1,26	3,22	2,92	3,16	1,32
Εργαστήριο κ. Κόκκινου (1 ^{ος} όροφος). Αντίστοιχα και στον 2 ^ο όροφο.	1,2 x 1,8 = 2,16	3,14	2,82	3,08	1,25
Γραφεία καθηγητών (όλα ίδιες διαστάσεις)	1,2 x 0,9 = 1,08	3,24	2,95	3,19	1,42

Επιπρόσθετα, στο εσωτερικό των χώρων διδασκαλίας (σε κάθε αίθουσα-εργαστήριο) θα εγκατασταθούν συσκευές μέτρησης θερμότητας και υγρασίας. Οι συσκευές αυτές θα είναι μικρές σε μέγεθος και θα έχουν την δυνατότητα στον χρήστη να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο την θερμοκρασία του εσωτερικού του χώρου, καθώς και το επίπεδο υγρασίας του. Με αυτόν τον τρόπο και μέσω κατάλληλων υπολογισμών, ο χρήστης θα μπορεί να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες παραμονής στο χώρο με την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Το σύστημα αυτό θα μπορεί να λαμβάνει εντολές και διαδικτυακά ώστε να γίνεται και απομακρυσμένος έλεγχος σε αυτό.

Πίνακας 15 : Πίνακας διαφοράς θερμοκρασίας συναρτήσει των θερμικών απωλειών για το συνολικό εμβαδόν υαλοπινάκων (πιθανό σενάριο τοποθέτησης 3).

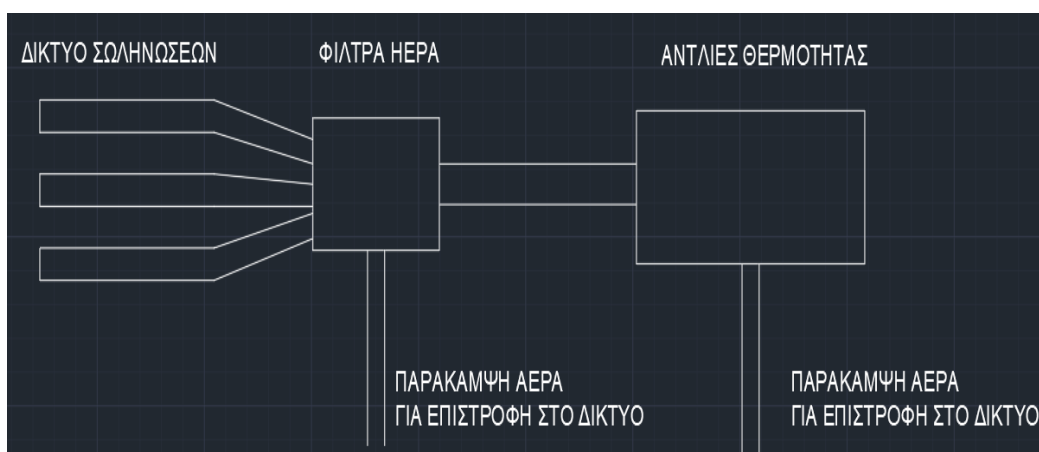
Χωρίς μεμβράνες :			Με μεμβράνη 1 :				Με μεμβράνη 2 :				Με αντικατάσταση κουφωμάτων :				Διαφορά Θερμικών Απωλειών υπάρχοντων και με αντικατάσταση κουφωμάτων, σε 8ωρη βάση	
ΔΤ(°C)	Θερμικές Απώλειες (W)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (Wh/day)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (kWh/day)	ΔΤ(°C)	Θερμικές Απώλειες (W)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (Wh/day)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (kWh/day)	ΔΤ(°C)	Θερμικές Απώλειες (W)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (Wh/day)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (kWh/day)	ΔΤ(°C)	Θερμικές Απώλειες (W)	Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (Wh/day)		Θερμικές Απώλειες 8ωρη βάση (kWh/day)
1	561,54	4492,31	4,49	1	509,05	4072,40	4,07	1	551,54	4412,32	4,41	1	234,11	1872,91	1,87	2,62
2	1123,08	8984,61	8,98	2	1018,10	8144,80	8,14	2	1103,08	8824,65	8,82	2	468,23	3745,81	3,75	5,24
3	1684,61	13476,92	13,48	3	1527,15	12217,21	12,22	3	1654,62	13236,97	13,24	3	702,34	5618,72	5,62	7,86
4	2246,15	17969,23	17,97	4	2036,20	16289,61	16,29	4	2206,16	17649,30	17,65	4	936,45	7491,62	7,49	10,48
5	2807,69	22461,53	22,46	5	2545,25	20362,01	20,36	5	2757,70	22061,62	22,06	5	1170,57	9364,53	9,36	13,10
6	3369,23	26953,84	26,95	6	3054,30	24434,41	24,43	6	3309,24	26473,95	26,47	6	1404,68	11237,43	11,24	15,72
7	3930,77	31446,14	31,45	7	3563,35	28506,82	28,51	7	3860,78	30886,27	30,89	7	1638,79	13110,34	13,11	18,34
8	4492,31	35938,45	35,94	8	4072,40	32579,22	32,58	8	4412,32	35298,60	35,30	8	1872,91	14983,24	14,98	20,96
9	5053,84	40430,76	40,43	9	4581,45	36651,62	36,65	9	4963,87	39710,92	39,71	9	2107,02	16856,15	16,86	23,57
10	5615,38	44923,06	44,92	10	5090,50	40724,02	40,72	10	5515,41	44123,25	44,12	10	2341,13	18729,05	18,73	26,19
11	6176,92	49415,37	49,42	11	5599,55	44796,43	44,80	11	6066,95	48535,57	48,54	11	2575,24	20601,96	20,60	28,81
12	6738,46	53907,68	53,91	12	6108,60	48868,83	48,87	12	6618,49	52947,89	52,95	12	2809,36	22474,86	22,47	31,43
13	7300,00	58399,98	58,40	13	6617,65	52941,23	52,94	13	7170,03	57360,22	57,36	13	3043,47	24347,77	24,35	34,05
14	7861,54	62892,29	62,89	14	7126,70	57013,63	57,01	14	7721,57	61772,54	61,77	14	3277,58	26220,67	26,22	36,67
15	8423,07	67384,59	67,38	15	7635,75	61086,03	61,09	15	8273,11	66184,87	66,18	15	3511,70	28093,58	28,09	39,29
16	8984,61	71876,90	71,88	16	8144,80	65158,44	65,16	16	8824,65	70597,19	70,60	16	3745,81	29966,48	29,97	41,91
17	9546,15	76369,21	76,37	17	8653,85	69230,84	69,23	17	9376,19	75009,52	75,01	17	3979,92	31839,39	31,84	44,53
18	10107,69	80861,51	80,86	18	9162,91	73303,24	73,30	18	9927,73	79421,84	79,42	18	4214,04	33712,29	33,71	47,15
19	10669,23	85353,82	85,35	19	9671,96	77375,64	77,38	19	10479,27	83834,17	83,83	19	4448,15	35585,20	35,59	49,77
20	11230,77	89846,13	89,85	20	10181,01	81448,05	81,45	20	11030,81	88246,49	88,25	20	4682,26	37458,10	37,46	52,39
21	11792,30	94338,43	94,34	21	10690,06	85520,45	85,52	21	11582,35	92658,82	92,66	21	4916,38	39331,01	39,33	55,01
22	12353,84	98830,74	98,83	22	11199,11	89592,85	89,59	22	12133,89	97071,14	97,07	22	5150,49	41203,91	41,20	57,63
23	12915,38	103323,04	103,32	23	11708,16	93665,25	93,67	23	12685,43	101483,47	101,48	23	5384,60	43076,82	43,08	60,25
24	13476,92	107815,35	107,82	24	12217,21	97737,65	97,74	24	13236,97	105895,79	105,90	24	5618,72	44949,72	44,95	62,87
25	14038,46	112307,66	112,30	25	12726,26	101810,06	101,81	25	13788,51	110308,11	110,31	25	5852,83	46822,63	46,82	121,64

5.4.3 Φυσικός αερισμός και αλλαγή συσκευών θέρμανσης-ψύξης.

Μια επιπλέον επέμβαση που θα μπορέσει να γίνει στο κτήριο, είναι η αλλαγή των παλιών αντλιών θερμότητας με καινούργιες. Η αλλαγή αυτή θα μπορεί να γίνει είτε σταδιακά, είτε μαζικά. Οι νέες αντλίες θερμότητας εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που παρέχουν, έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και είναι πιο οικολογικές προς το περιβάλλον. Οι σύγχρονες αντλίες θερμότητας εκτός από τα παραπάνω, φέρουν φίλτρα και υλικά για τον καλύτερο καθαρισμό του αέρα και συνάμα της άνεσης και της καλύτερης ποιότητας ζωής στο εσωτερικό του χώρου. Τα σύγχρονα φίλτρα αέρα, εκτός από την απομάκρυνση βλαβερών ουσιών στον αέρα, έχουν και ως στόχο την παγίδευση μικροβίων και μικροοργανισμών.

Η αντλία θερμότητας λόγω της κατανάλωσης της, μπορεί να συνδυαστεί με φωτοβολταϊκά με στόχο την κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας που θα δαπανήσει. Για τον λόγο αυτό, η εγκατάσταση της δεν θα αυξήσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλο ποσοστό και έτσι θα παραμείνει η κατανάλωση ενέργειας σε χαμηλά επίπεδα. Μάλιστα η αντλία θερμότητας μπορεί να συνδυαστεί με έναν εξαερισμό (με φίλτρο αέρα) ώστε να ανακυκλώνεται ο αέρας του εσωτερικού του χώρου και σε περίπτωση που δεν επιδιώκεται η χρήση της αντλίας να υπάρχει μια φυσική πηγή σταθεροποίησης του κλίματος εντός του χώρου.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό θα πρέπει να συνδεθεί η μονάδα εξαερισμού αέρα στο ήδη υπάρχον σύστημα θέρμανσης-ψύξης. Μέσω κατάλληλων ηλεκτρονικών και ηλεκτρολογικών διατάξεων, ο εξαερισμός θα δουλεύει συνεχώς (κατά την διάρκεια λειτουργίας του κτηρίου) και θα τοποθετηθεί πριν την είσοδο του αέρα στην αντλία θερμότητας. Έτσι θα δημιουργηθεί ένα δίκτυο σωληνώσεων που θα μεταφέρει τον καθαρό αέρα σε συνεχή ροή, καθώς και στην λειτουργία θέρμανσης-ψύξης του χώρου. Για την κατάλληλο καθαρισμό του αέρα, μπορούν να τοποθετηθούν και φίλτρα HEPA ενεργού άνθρακα στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας για την μείωση του κόστους επέμβασης. Τα φίλτρα HEPA ενεργού άνθρακα είναι κατάλληλα και για την κατακράτηση βακτηριών καθώς και του ιού SARS-Covid 19, σύμφωνα με το Κέντρο Ελέγχου Πρόληψης Ασθενειών²⁵. Στο παρακάτω σχήμα διακρίνεται ο τρόπος εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας καθώς και του συστήματος εξαερισμού.



Εικόνα 53 : Σχεδιάγραμμα διαρρύθμισης του συστήματος ανακύκλωσης αέρα.

²⁵ Έγγραφο της REHVA, οδηγός για τον COVID-19, 3 Απριλίου 2020.

Στην περίπτωση αλλαγής της αντλίας θερμότητας με μια αερόψυκτη αντλία θερμότητας πολλαπλών κυλίνδρων EWYT-B 310 -XS/XL. Σύμφωνα με το τεχνικό φυλλάδιο τους έχουν SEER = 4,57 και SCOP = 3,9.

5.4.4 Μόνωση εξωτερικού -εσωτερικού κελύφους.

Ένα επιπρόσθετο και συνάμα σημαντικό μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, είναι η μόνωση του εσωτερικού και εξωτερικού κελύφους του κτηρίου. Η μόνωση προσδιορίζεται και εκτιμάτε πάντα κατά την κατασκευή του κτηρίου, καθώς είναι ο κύριος παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο. Στο υπό μελέτη κτήριο, είναι δύσκολο να γίνει κάποια επέμβαση με μόνωση διότι έχει διαστασιολογηθεί και μελετηθεί σύμφωνα με τα πρότυπα και υλικά της εποχής κτισίματος του. Οπότε η επέμβαση που μπορεί να γίνει πάνω σε αυτόν τον τομέα είναι σε μικρό βαθμό έως και ελάχιστο. Στο κτήριο υπάρχει μόνωση από την περίοδο κατασκευής του, καθώς είναι υποχρεωτική σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία για κτήρια κατασκευής έπειτα από το 1979. Στόχος της επέμβασης που θα γίνει, είναι η αύξηση της μόνωσης και η καλύτερη προσαρμογή της ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.

Σε ένα ήδη υπάρχον κτήριο οι επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν στο κομμάτι της μόνωσης, κατά κύριο λόγο προκύπτουν με βάση την χρήση του κτηρίου καθώς και το μέρος στέγασής του. Για παράδειγμα, ένα κτήριο που έχει χτιστεί ανάντι ενός δρόμου κεντρικού δρόμου σε μια κατοικημένη περιοχή, θα λάβει υπόψη του ο πολιτικός μηχανικός την ένταξη της υποχρεωτικής θερμομόνωσης από τον νόμο, αλλά θα δώσει μεγαλύτερη βαρύτητα στην ηχομόνωση ώστε να μειώσει την εισαγωγή του εξωτερικού θορύβου στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου. Οι δύο βασικοί άξονες μόνωσης γενικά είναι δύο και έχουν να κάνουν με επεμβάσεις στο εξωτερικό του κελύφους (1^{ος} βασικός άξονας) αλλά και στο εσωτερικό αυτού (2^{ος} βασικός άξονας). Παρακάτω θα παρουσιαστεί μια σύντομη ανάλυση αυτών και κατά πόσο είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν στο υπάρχον κτήριο.

Η εξωτερική μόνωση συνήθως δημιουργείτε μέσω κατάλληλων μονωτικών υλικών κατά την περίοδο της κατασκευής ενός κτηρίου. Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι είτε φυσικά (σοβάς, επίχρισμα, τσιμέντο κλπ.) είτε τεχνητά (αστάρια επίστρωσης, χρώματα επικάλυψης κλπ.). Η προϋπάρχουσα μόνωση περιέχει φυσικά υλικά, δηλαδή έχουν τοποθετηθεί στη τοιχοποιία εσωτερικά τούβλα, ακολουθεί ο σοβάς και όλο αυτό περιβάλλεται από το τελικό επίχρισμα. Μια συνήθης πρακτική για την αύξηση αλλά και την δημιουργία ενός δυνατού συμπλόκου στο εξωτερικό κέλυφος του κτηρίου, είναι η μόνωση με χρώμα που περιέχει ελαστικό υλικό για την δημιουργία ενός «τσιχλώδες» στρώματος. Αυτό το στρώμα δημιουργεί μια ασπίδα προστασίας στον τοίχο καθώς κλείνει τους πόρους αλλά και τις υπάρχοντες θερμογέφυρες. Μια επιπλέον λύση, είναι η επίστρωση ειδικής κόλας και η τοποθέτηση μονωτικού Dow πάχους 7 cm το οποίο επικαλύπτεται με πλέγμα και κόλα. Ακολουθεί επίχρισμα και στεγανωτικό υλικό.

Η εσωτερική θερμομόνωση δημιουργείται και αυτή κατά την διάρκεια κατασκευής του κτηρίου με την ίδια φιλοσοφία με αυτή της εξωτερικής. Η μόνη διαφορά που μπορεί να υπάρχει μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής μόνωσης εκτός από τα υλικά τους, είναι και το πάχος τους. Στην εσωτερική θερμομόνωση συνήθως τοποθετείται μετά τα τούβλα ο σοβάς και το υλικό επίστρωσης-επικόλλησης, καθώς πάνω σε αυτό εφαρμόζεται ένα στρώμα μονωτικού υλικού (π.χ. υαλοβάμβακας) ώστε να μην υπάρχει θερμική μεταφορά προς το εξωτερικό περιβάλλον. Ακολουθεί ο σοβάς με το πλέγμα ενίσχυσης για να ενσωματωθούν ως ένα σώμα όλα τα υλικά και να αποκτήσουν την ιδιότητα του ενός

σώματος , τοποθετώντας από πάνω το τελικό επίχρισμα για την κάλυψη τους. Έπειτα υπάρχει η δυνατότητα ηχομόνωσης του χώρου που ποικίλει το πάχος του, ανάλογα με την χρήση του.

Στο υπό μελέτη κτήριο με την ήδη υπάρχουσα μόνωση, το τούβλο λειτουργεί ως θερμική μάζα και αποθηκεύει αλλά και ανταλλάσσει θερμότητα με το εσωτερικό του χώρου. Έτσι λοιπόν μια παρέμβαση που μπορεί να πραγματοποιηθεί είναι η εγκατάσταση ηχομόνωσης και η χρήση μπετόν που περιέχει μονωτικό υλικό. Για την εγκατάσταση της ηχομόνωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρού πάχους ντάουν ή φενιζόλ και από πάνω είτε σοβάς είτε γυψοσανίδα. Αυτή λύση θα έχει το πλεονέκτημα της απομόνωσης των εξωτερικών θορύβων και της μεγαλύτερης απόδοσης σε ψύξη-θέρμανση του χώρου , αλλά θα μειώσει την ιδιότητα της παρέμβαση πάνω στους τοίχους για κάποια κατασκευή ή εγκατάσταση εξοπλισμού αλλά και την μείωση του όγκου του εσωτερικού χώρου.

Μια πιο δαπανηρή επέμβαση είναι η εγκατάσταση εξωτερικής μόνωσης πάχους 7 cm, η οποία θα μειώσει τον συντελεστή θερμοπερατότητας κατά μεγάλο βαθμό. Ο συντελεστή θερμοπερατότητας στο υπάρχον κελύφος σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα 3.4 της TOTEE 201701-1/2010, είναι $U = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$, καθώς η μόνωση λαμβάνεται ως ανεπαρκής διότι δεν υπάρχουν πληροφορίες. Η συνολική καθαρή επιφάνεια του κελύφους (επιφάνεια τοιχοποιίας) είναι 2700 m^2 και το κόστος της αντιστοιχείται σε 40 €/m^2 . Σύμφωνα και με τα στοιχεία της αντλίας θερμότητας και σύμφωνα με τις τιμές του πίνακα 3.7 & 3.8 του TOTEE-20701-3, θα ισχύει :

- Όψη χωρίς θερμομόνωση ($U = 2,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

→Ετήσιες απαιτήσεις θέρμανσης : $666 \text{ Kdays} * 8 \text{ h} * 2700\text{m}^2 * 2,60 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 37.402,56 \text{ kWh}$

→Ετήσιες απαιτήσεις ψύξης: $2231,25 \text{ Kdays} * 8 \text{ h} * 2700 \text{ m}^2 * 2,60 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 125.307,00 \text{ kWh}$

- Όψη με θερμομόνωση βάσει ΚΕΝΑΚ πάχους 7 cm ($U = 0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

→Ετήσιες απαιτήσεις θέρμανσης : $666 \text{ Kdays} * 8 \text{ h} * 2700\text{m}^2 * 0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 6.761,22 \text{ kWh}$

→Ετήσιες απαιτήσεις ψύξης: $2231,25 \text{ Kdays} * 8 \text{ h} * 2700 \text{ m}^2 * 0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 22.307,65 \text{ kWh}$

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς θα υπάρξει μείωση κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση- ψύξη σχεδόν 55 % σε σχέση χωρίς την εξωτερική μόνωση. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω της εξωτερικής επέμβασης είναι :

- Όψη χωρίς θερμομόνωση ($U = 2,60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

→Ηλεκτρική ενέργεια θέρμανσης : $37.402,56 \text{ kWh} / 3,9 = 9.590,4 \text{ kWh}$

→Ηλεκτρική ενέργεια ψύξης : $125.307,00 \text{ kWh} / 4,57 = 27.419,47 \text{ kWh}$

- Όψη με θερμομόνωση βάσει ΚΕΝΑΚ πάχους 7 cm ($U = 0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)

→Ηλεκτρική ενέργεια θέρμανσης : $6.761,22 \text{ kWh} / 3,9 = 1.733,64 \text{ kWh}$

→Ηλεκτρική ενέργεια ψύξης : $22.307,65 \text{ kWh} / 4,57 = 4.881,32 \text{ kWh}$

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς και με εξωτερική θερμομόνωση είναι 5.921,57 € και 1.058,39 €, αντίστοιχα. Η μείωση που προέρχεται από την εγκατάσταση εξωτερικής μόνωσης είναι της τάξης των 30.394,91 kWh. Το χρηματικό ποσό που εξοικονομείτε ετησίως είναι 4.863,18 €.

5.4.5 Μόνωση ταράτσας - δώματος.

Η ταράτσα στην υπάρχουσα κατάσταση της έχει ως τύπο θερμομόνωσης δώματος, την ανεστραμμένη μόνωση ταράτσας. Σύμφωνα και με το θεωρητικό κομμάτι, κατά την δημιουργία της ανεστραμμένης μόνωσης θα πρέπει να έχει γίνει η κατάλληλη προεργασία στην επιφάνεια της ταράτσας ώστε να μην υπάρχουν εμπόδια και κατάλοιπα από σκουπίδια και σκόνες. Αρχικά θα πρέπει να αφαιρεθούν όλα τα υλικά που προϋπάρχουν στην ταράτσα (χαλίκια, γεωύφασμα, σωληνώσεις κλπ.) και η υπάρχον κατασκευή να ευθυγραμμιστεί μέσω ειδικών μηχανημάτων τριβής μαρμάρων και πλακιδίων. Έπειτα ακολουθεί η στρώση μπετόν με ρύση, κατάλληλη ώστε να απομακρύνονται τα όμβρια ύδατα μέσω των υδρορροών που θα έχουν πακτωθεί μαζί με την στρώση μπετόν. Καθώς έχει δημιουργηθεί η κατάλληλη ρύση, το μπετόν επαλείφεται με ασφαλτικό βερνίκι ώστε να καλυφθούν οι θερμογέφυρες και οι ρωγμές που μπορούν να υπάρχουν στην επιφάνεια του μπετόν.

Έπειτα ακολουθεί η επίστρωση με ασφαλική μεμβράνη, ώστε να δημιουργηθεί ένα συσσωμάτωμα με τα προηγούμενα υλικά αλλά και να δημιουργηθεί μια λεία επιφάνεια για την ευκολότερη απορροή των υδάτων. Για την καλύτερη δημιουργία συσσω-ματώματος μπορεί να επαλειφθεί η ασφαλική μεμβράνη με ασφαλτοπολυουρεθανική μαστίχη Hyperdesmo, ώστε να γίνει ενίσχυση των ενώσεων και να μην δημιουργούν απορροές προς το μπετόν αλλά και στο εσωτερικό του κτηρίου. Το συσσωμάτωμα καλύπτεται από μια στρώση γεωυφάσματος με σκοπό την αποστράγγιση των υδάτων προς τα κάτω στρώματα της μόνωσης και τις υδρορροές και την μεταφοράς τους προς το περιβάλλον. Ακολουθεί το θερμομονωτικό υλικό, το οποίο κατά την εταιρεία που κοστολόγησε την εγκατάσταση χρησιμοποιείται συνήθως φελιζόλ Dow πάχους 5 cm. Στην παρούσα μελέτη, το θερμομονωτικό υλικό θα αντικατασταθεί με το μονωτικό υλικό "DUROSOL eXternal 1000X500X120" για την καλύτερη μόνωση της ταράτσας αλλά και για την δυσκολότερη εισροή θερμότητας στα κατώτερα στρώματα της μόνωσης. Το θερμομονωτικό υλικό επικαλύπτεται με γεωύφασμα μεγαλύτερου πάχους σε σχέση με το προηγούμενο ώστε να μην μπορεί να διαβρωθεί αλλά και να σκιστεί από το τελικό στρώμα, το χοντρό χαλίκι στην παρούσα ταράτσα.

Η τιμή που αντιστοιχεί στην παραπάνω διαδικασία μόνωσης είναι κατά μέσο όρο τα 35 €/m² και ο κατασκευαστής προτείνει φελιζόλ Dow πάχους 5 cm. Λόγω της αλλαγής του θερμομονωτικού υλικού σε πάχος 12 cm, έχει γίνει προσαύξηση της τιμής 10 €/m² με τελική τιμή τα 45 €/m². Το συνολικό εμβαδόν της ταράτσας είναι 930 m² και το συνολικό κόστος της επέμβασης θα είναι :

$$\text{Κόστος μόνωσης ταράτσας} = (45 \text{ €/m}^2 \times 930 \text{ m}^2) + \text{Εργατικά έξοδα}$$

↑

$$\text{Κόστος μόνωσης ταράτσας} = 41850,00 \text{ €} + 4450,00 = 46300,00 \text{ €}$$

Τα εργατικά έξοδα συμπεριλαμβάνουν το κόστος του γερανού, την πληρωμή εξοπλισμού και εργατών

για την μετακίνησης του ήδη υπάρχοντος χαλκιού αλλά και για την προεργασία της προετοιμασίας της επιφάνειας.

5.5 Οικονομοτεχνική μελέτη.

Η οικονομοτεχνική μελέτη θα γίνει με κύριο στόχο την διενέργεια της βιωσιμότητας του έργου. Αν ένα έργο-κατασκευή πραγματοποιεί απόσβεση του κόστους σε σύντομο χρονικό διάστημα και έπειτα επιφέρει κέρδος, τότε ονομάζεται βιώσιμο.

Το συνολικό κόστος όλων των εργασιών είναι 440.000,00 €, μαζί με τα απρόβλεπτα έξοδα και τα εργατικά έξοδα. Το όλο έργο είναι υπερδιαστασιολογημένο για την αποφυγή τυχόν σφαλμάτων. Για τον υπολογισμό της βιωσιμότητας θα πρέπει να ελεγχθεί η Καθαρή Παρούσα Αξία. Η Καθαρή Παρούσα Αξία ορίζει την διαφορά της παρούσας αξίας των ετήσιων εισοδημάτων μείον την παρούσα αξία των ετήσιων εξόδων, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων. Δηλαδή, υπολογίζει τα καθαρά κέρδη κατά τον κύκλο ζωής του έργου. Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών με στόχο τον συμψηφισμό ενέργειας είναι 90.000 €, το Επιτόκιο Αναγωγής 5 % και η Ετήσια Ταμειακή Ροή ανέρχεται στις 10.217,36 €.

Ο τύπος υπολογισμού της Καθαρής Παρούσας Αξίας είναι :

$$\sum_{t=1}^n \frac{\text{Ταμειακές ροές}}{(1+r)^t} - \text{Αρχική επένδυση} \quad \text{όπου} \quad r : \text{Επιτόκιο Αναγωγής}$$

t : χρονική περίοδο
n : χρόνος ζωής έργου

Η ΚΠΑ της εγκατάστασης είναι : ΚΠΑ = 108.611,87 € . Για να επιλεγεί ως βιώσιμο ένα έργο θα πρέπει:

- Εάν ΚΠΑ > 0, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- Εάν ΚΠΑ = 0, το οικονομικό αποτέλεσμα της επένδυσης είναι οριακό
- Εάν ΚΠΑ < 0, η επένδυση απορρίπτεται

Ένας άλλος δείκτης που αναδεικνύει την βιωσιμότητα ενός έργου, είναι ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR). Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης υπολογίζει εκείνο το επιτόκιο που εξισώνει την αρχική επένδυση με την αξία όλων των μελλοντικών ταμιακών ροών. Δηλαδή υπολογίζει το μέγιστο επιτόκιο αναγωγής για να είναι οριακά βιώσιμη μια επένδυση.

Στην παρούσα εγκατάσταση ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης ισούται με 15 %. Τα κριτήρια αποδοχής-απόρριψης του IRR είναι:

- Εάν IRR > από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο αναγωγής, η επένδυση θεωρείται συμφέρουσα
- Εάν IRR = με το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο αναγωγής, η επένδυση θεωρείται οριακή, εφαρμόζεται όταν δεν υπάρχει καλύτερη εναλλακτική λύση
- Εάν IRR < από το ελάχιστο αποδεκτό επιτόκιο αναγωγής, η επένδυση απορρίπτεται

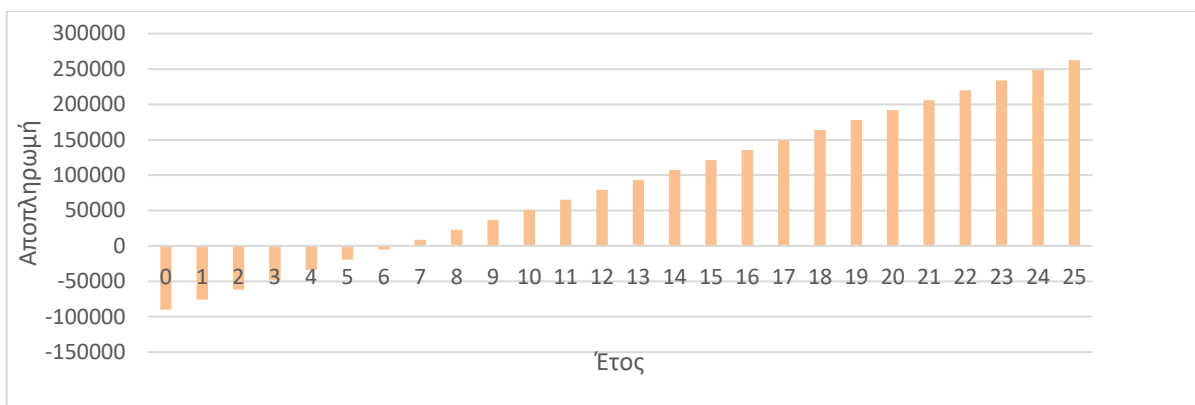
Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο Πίνακας 16 αναγράφει όλα τα στοιχεία εξόδων-εσόδων της εγκατάστασης καθώς και την περίοδο αποπληρωμής του έργου. Για τιμή ηλεκτρικής ενέργειας ορίζεται η 0,16 €/kWh, η οποία συμπεριλαμβάνει την καθαρή τιμή ηλεκτρικής ενέργειας μαζί με τους φόρους και το ΦΠΑ(24%).

Πίνακας 16 : Ταμειακές ροές και αποπληρωμή αρχικής επένδυσης.

Έτος	Ταμειακές ροες	Μείωση κεφαλαίου
0	-90000	-90000
1	14092,00	-75908,00
2	14092,00	-61816,00
3	14092,00	-47724,00
4	14092,00	-33632,00
5	14092,00	-19540,00
6	14092,00	-5448,00
7	14092,00	8644,00
8	14092,00	22736,00
9	14092,00	36828,00
10	14092,00	50920,00
11	14092,00	65012,00
12	14092,00	79104,00
13	14092,00	93196,00
14	14092,00	107288,00
15	14092,00	121380,00
16	14092,00	135472,00
17	14092,00	149564,00
18	14092,00	163656,00
19	14092,00	177748,00
20	14092,00	191840,00
21	14092,00	205932,00
22	14092,00	220024,00
23	14092,00	234116,00
24	14092,00	248208,00
25	14092,00	262300,00

Στο Διάγραμμα 10, απεικονίζεται η αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου συναρτήσει της διάρκειας ζωής του έργου. Παρατηρείται ότι μετά τα πρώτα επτά έτη, έχει πραγματοποιηθεί αποπληρωμή του αρχικού χρηματικού κεφαλαίου και ακολουθεί η περίοδος καθαρού κέρδους. Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω η εγκατάσταση-έργο είναι βιώσιμη.

Διάγραμμα 10 : Απεικόνιση αποπληρωμής αρχικού κεφαλαίου συναρτήσει της διάρκειας ζωής του έργου.

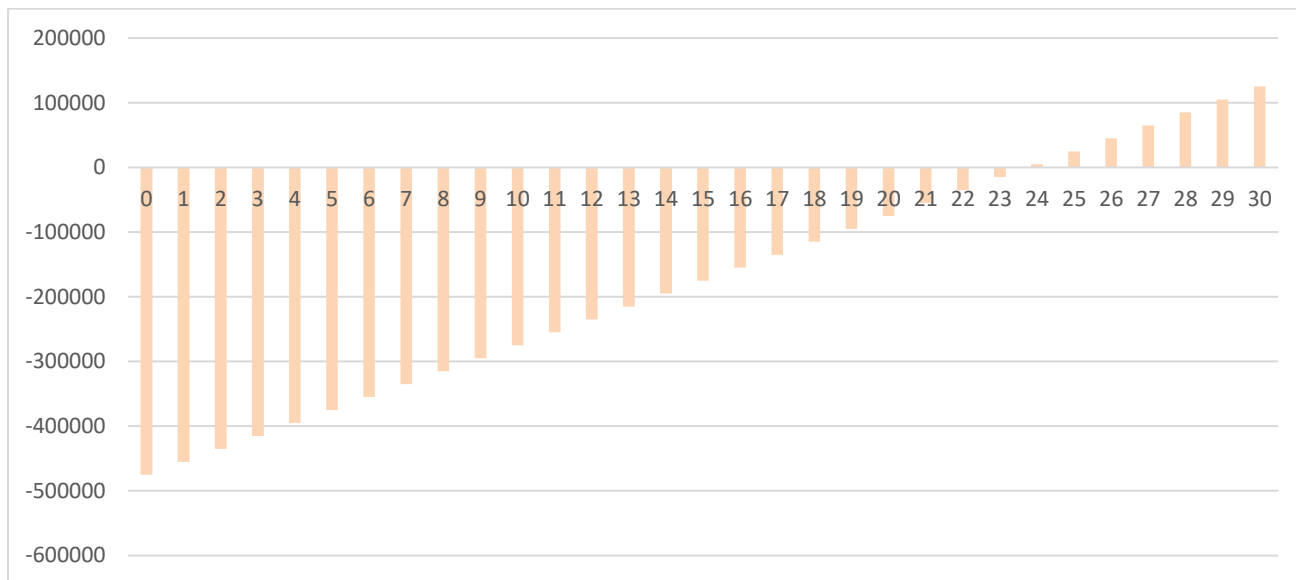


Για το συνολικό έργο όμως, θα πρέπει να βρεθεί αν είναι βιώσιμη η όλη επένδυση για την εξοικονόμηση ενέργειας. Αν το συνολικό κόστος όλων των επεμβάσεων-εγκαταστάσεων είναι 440.000 €, και η διάρκεια ζωής του έργου 30 έτη (ελάχιστος κύκλος ζωής) τότε :

Έτος	Ταμειακές ροές	Μείωση κεφαλαίου
0	-475000	-475000
1	20000,0	-455000,00
2	20000,0	-435000,00
3	20000,0	-415000,00
4	20000,0	-395000,00
5	20000,0	-375000,00
6	20000,0	-355000,00
7	20000,0	-335000,00
8	20000,0	-315000,00
9	20000,0	-295000,00
10	20000,0	-275000,00
11	20000,0	-255000,00
12	20000,0	-235000,00
13	20000,0	-215000,00
14	20000,0	-195000,00
15	20000,0	-175000,00
16	20000,0	-155000,00
17	20000,0	-135000,00
18	20000,0	-115000,00
19	20000,0	-95000,00
20	20000,0	-75000,00
21	20000,0	-55000,00
22	20000,0	-35000,00
23	20000,0	-15000,00
24	20000,0	5000,00
25	20000,0	25000,00

Η ΚΠΑ του συνολικού έργου είναι ΚΠΑ = -193.121,11 € και ο IRR = 0%. Η αρνητική τιμή ΚΠΑ κατατάσσει την επένδυση ως μη συμφέρουσα. Λόγω της υπερδιαστασιολόγησης των τιμών καθώς και της ιδιοκτησίας του κτιρίου (Δημόσιο Κτίριο), η επένδυση μπορεί να πραγματοποιηθεί διότι δεν επιδιώκεται η άμεση εξόφληση του αρχικού κεφαλαίου.

Διάγραμμα 11 : Απεικόνιση αποπληρωμής αρχικού κεφαλαίου συναρτήσει της διάρκειας ζωής του έργου.



Συμπεράσματα.

Αρχικά, η πραγματοποίηση των παραπάνω επεμβάσεων στο υπάρχον κτίριο, θα το αναβαθμίσουν και θα το εξυχρονίσουν σε ένα αξιολύγματο μελλοντικό κτίριο. Με την προσθήκη των ΑΠΕ καθώς και την σημείων πρόσβασης φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων, το κτίριο αποκτά άμεσα μια σύγχρονη φιλοσοφία λειτουργίας καθώς και μια πιο φιλική προσέγγιση προς το περιβάλλον.

Η διαδικασία του ενεργειακού συμψηφισμού είναι μια βιώσιμη εφαρμογή καθώς μειώνει το κόστος ενέργειας, πραγματοποιείται γρήγορη αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου και μειώνει τις εκπομπές ρύπων. Το συνολικό έργο είναι βιώσιμο καθώς όπως έχει προαναφερθεί, κύριος σκοπός της υλοποίησης του δεν είναι η άμεση αποπληρωμή του αρχικού χρηματικού κεφαλαίου. Αυτό επισημαίνεται διότι, το κτίριο δεν είναι ιδιόκτητο (δεν χρειάζεται άμεση επιστροφή χρημάτων επένδυσης κάποιο φυσικό πρόσωπο) και υπάρχει πιθανότητα να γίνουν ενεργειακές επεμβάσεις έπειτα τον κύκλο ζωής του έργου ή και ποτέ.

Μέσω των παραπάνω επεμβάσεων, εξοικονομείται ετήσιο ποσό ενέργειας 122511,59 kWh με κόστος 19601,85 €. Μέσω της ευαισθητοποίησης των χρηστών καθώς και του σωστού παραγραμματος, μπορεί να εξοικονομηθεί χρηματικό ποσό της τάξης των 20.000,00 € ετησίως.

Η παρούσα πτυχιική εργασία μπορεί να επεκταθεί με την αναλυτικότερη μελέτη την κατανάλωσης ενέργειας θέρμανση-ψύξης, την μελέτη αλλαγής όλου του μηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και την μελέτη περαιτέρω επεμβάσεων. Τα παραπάνω μπορούν να αναπτυχθούν από έναν Ενεργειακό Επιθεωρητή, είτε από έναν Μηχανικό-Μηχανολόγο είτε από ένα Πολιτικό Μηχανικό. Μια εξίσου σημαντική μελέτη όπου θα μπορούσε να αποτελέσει και πρόσθετο κομμάτι της παρούσας, είναι η επίδραση της ανεστραμένης μόνωσης στην θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Τέλος, όλα τα στάδια της μελέτης και των επεμβάσεων έχουν αναπτυχθεί-μελετηθεί σύμφωνα με τις απαιτούμενες-διδασκόμενες γνώσεις κατά την διάρκεια φοίτησης στο Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Θ. Τσούτσος, Ι. Κανάκης 2016 «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ- Τεχνολογίες και Περιβάλλον) Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Β. Μπιτζιώνης, Δ. Μπιτζιώνης 2015 «ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» Εκδόσεις Τζιόλα
- Π. Κοσμόπουλος, Α. Περιβολάρης 2017 «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ -Κτήρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας» Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS
- G. Masters. Γ. Παπαδάκης 2016 «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» Μεταφρασμένο Εκδόσεις Πεδίο
- ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ ΤΜΗΜΑ ΚΕΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 2011 «Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων» ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Κ.Α.Π.Ε «Οδηγίες για Θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Δημόσια Σχολεία» Αποτέλεσμα Μελέτης για το πρόγραμμα SAVE. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Ι. Κατσήγιαννης 2019 «Διαλέξεις μαθήματος : Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Συστημάτων ΑΠΕ» ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος
- Τ. Νικολάου 2019 «Διαλέξεις μαθήματος : Σχεδιασμός και Λειτουργία Συστημάτων ΑΠΕ» ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος
- Κ. Λάσκος «ΚΕΝΑΚ-Ενεργειακή Επιθεώρηση-Μελέτη Ενεργειακής Επιθεώρησης-Κτήρια nZEB – Νομοθεσία» Μελέτη-Οδηγός για Ενεργειακούς Επιθεωρητές ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Κ. Μπαλαράς, Α. Γαγλιά, Σ. Μοιρασγεντής, Ε. Γεωργοπούλου, Ι. Σαραφίδης, Δ. Λάλας «Κτιριακό Απόθεμα, Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας & Μείωση Ρύπων στον Οικιακό & Τριτογενή Τομέα στην Ελλάδα - Προτεραιότητες Εφαρμογής Μέτρων» Ερευνητικό Ίδρυμα, ΝΠΔΔ εποπτευόμενο από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας του Υπουργείου Παιδείας
- Λ. Αυγέρης 2016 «Μοντελοποίηση και Ανάλυση Κτιρίων Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης» Διπλωματική Εργασία ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Φ. Τσαγκουλή 2016 «ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ» Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Ι. Σταγάκης 2018 «Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Κτίριο του Δημόσιου Τομέα» Διπλωματική Εργασία ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Ε. Αντωνίου, Ε. Τσέρνιχ «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» Διπλωματική Εργασία ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Ι. Γεωργίου «ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ» Διαλέξεις Φροντιστηριακού Μαθήματος ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Α. Σανδαλάκης «ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΟΙΝΩΝ ΑΡΧΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΗΧΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΟΙΚΙΣΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ» Διπλωματική εργασία 2014 ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))
- Ηλιακά κύτταρα σεληνίου χαλκού ινδίου (Wikipedia) ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Hot spot (φωτοβολταϊκά) (Wikipedia) ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Μικρο-ρωγμές σε ηλιακές μονάδες (Gallagher) ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Επίσημες διαδικτυακές Πηγές- Ιστοσελίδες

Υπουργείο Ενέργειας και Περιβάλλοντος. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Ευρωπαϊκή Ένωση Ενέργεια. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Σύνδεσμος Ελλήνων Εταίρων Φωτοβολταϊκών. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

EU SCIENCE HUB PV-GIS. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Γνωμοδότηση της Επιτροπής των Περιφερειών με θέμα «Πλαίσιο πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια από το 2020 έως το 2030». ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Μακροχρόνια Στρατηγική για το 2050 του ΥΠΕΚΑ. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

«ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ - Δράσεις Ενεργειακής Αναβάθμισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕ) και Αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)" σε Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, Φοιτητικές εστίες του Υπουργείου Παιδείας και εγκαταστάσεις των Τεχνολογικών Φορέων εποπτευομένων από την Γ.Γ.ΕΤ. και το ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ» ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Τριέδραση Κατασκευαστική Εταιρία ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο) ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Ελληνικό Ινστιτούτο Παθητικού Κτίριου (Ε.Ι.ΠΑ.Κ) ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Άρθρα

SCIENTISTS DESIGN NEW SOLAR CELLS TO CAPTURE ENERGY FROM RAIN. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

'Artificial leaf' successfully produces clean gas. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

«Εξυπνα» κτήρια στην Ιταλία μειώνουν κατά 60% την κατανάλωση ενέργειας. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Μια σύντομη ιστορία των ηλιακών πλαισίων. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Φωτοβολταϊκά - Ιστορική εξέλιξη. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Enlisting the Sun: Solar in the Military Fact Sheet. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Φορτηγά με ηλιακά πάνελ. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Τα φωτοβολταϊκά με μπαταρίες θα είναι σύντομα σε θέση να καλύψουν απόλυτα τις ανάγκες του δικτύου. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

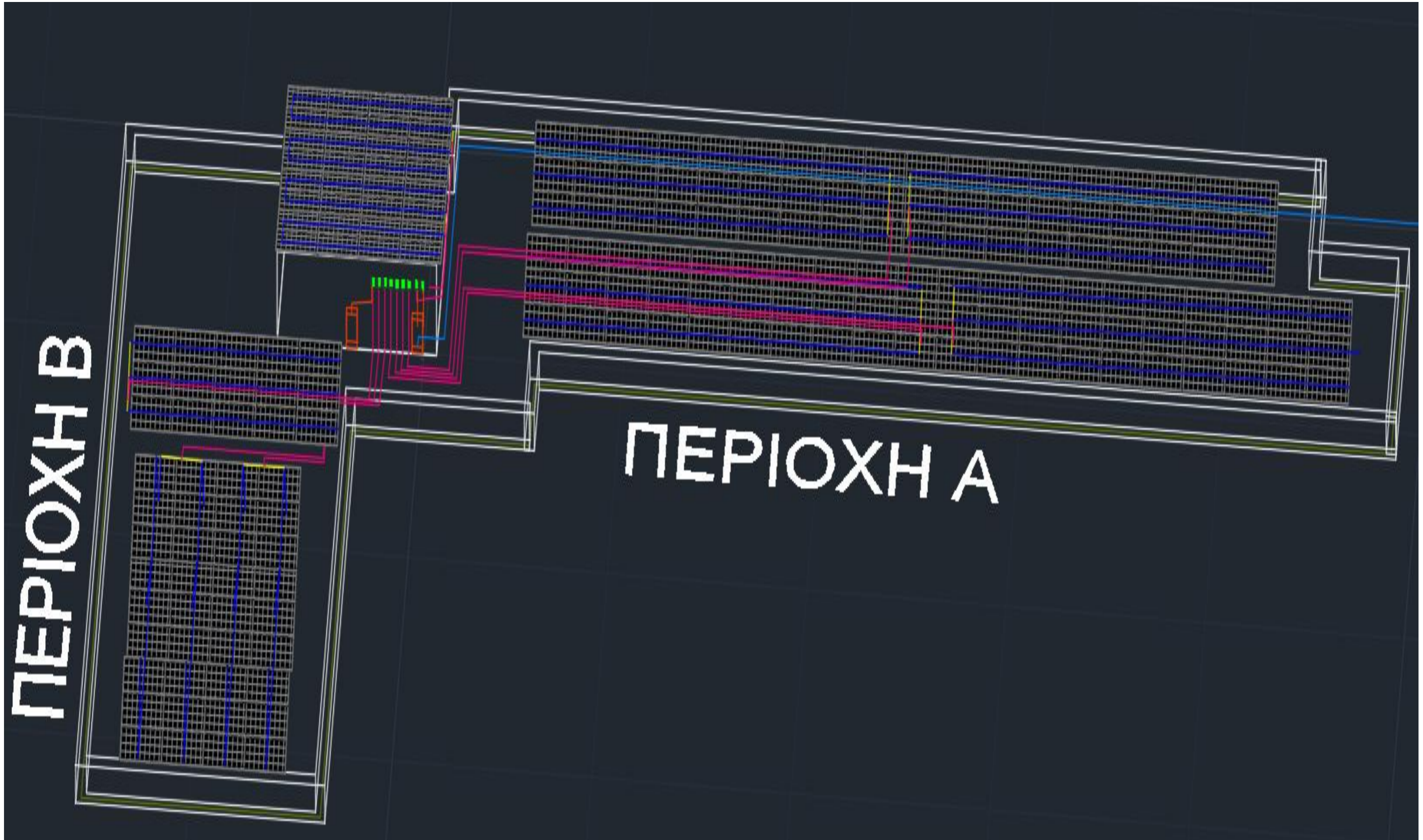
Ανακύκλωση φωτοβολταϊκών και αιολικών πάρκων. ([ηλεκτρονικός σύνδεσμος](#))

Εικόνες

α/α	Ημερομηνία Ανάκτησης
1	15/1/2021
2	15/1/2021
3	15/1/2021
4	15/1/2021
5	15/1/2021
6	15/1/2021
7	15/1/2021
8	15/1/2021
9	17/1/2021
10	20/1/2021
11	22/1/2021
12	25/1/2021
13	10/3/2021
14	12/3/2021
15	16/3/2021
16	16/3/2021
17	19/3/2021
18	25/3/2021
19	27/3/2021
20	29/3/2021
21	29/3/2021
22	5/4/2021
23	9/4/2021
24	17/4/2021
25	17/4/2021
26	17/4/2021
27	17/4/2021
28	17/4/2021
29	17/4/2021
30	22/4/2021
31	22/4/2021
32	22/4/2021
33	22/4/2021
34	22/4/2021
35	22/4/2021
36	22/4/2021
37	22/4/2021
38	22/4/2021
39	22/4/2021
40-53	10/2/2021

Παράρτημα

Κάτοψη εγκατάστασης :



- Ο λογαριασμός μου
- Εγγραφή (/user-registration)

Το καλάθι σας είναι άδειο.

Προβολή Καλαθιού

x

Το καλάθι σας είναι άδειο.



Όλα τα εργαλεία!

- Αρχική (/)
- Κατάστημα (/online-store)
- Πληροφορίες » (/)
- Εύρεση στο χάρτη (/map)
- Επικοινωνία (/contact-us)
- Συμμόρφωση GDPR (/symmorfwsh-gdpr)

Κατάστημα



Αναζήτηση...



Βρίσκεστε εδώ: Αρχική (/) » Κατάστημα (/online-store?productsublayout=0) » Είδη στερέωσης (/online-store/eidh-sterewshs) » Χημικά αγκύρια (/online-store/eidh-sterewshs/xhmika-agkyria) » Ντίζα ASK M12 x 160 γαλβανιζέ για χημικό αγκύριο KALM VPK-SF (πακέτο 10 τεμ.)

Προϊόντα

- Είδη βιδοποιίας (/online-store/eidh-vidopoiias)
- Εργαλεία χειρός (/online-store/ergaleia-xeiros)
- Όργανα μέτρησης (/online-store/organa-metrhshs)
- Αναλώσιμα είδη (/online-store/analwsima-eidh)
- Μηχανουργικά είδη (/online-store/mhxanourgika-eidh)
- Μηχανήματα/Εξαρτήματα (/online-store/mhxanhmata-eksarthmata)
- Ηλεκτροεργαλεία (/online-store/hlektroergaleia)
- Εργαλεία αέρος (/online-store/ergaleia-aeros)
- Ένδυση & προστασία (/online-store/eidh-endyshs-prostasias)
- Αγροτικά είδη (/online-store/agrotika-eidh)
- Είδη συσκευασίας (/online-store/eidh-syskeuasias)
- Είδη ασφαλείας (/online-store/eidh-asfaleias)
- Είδη στερέωσης (/online-store/eidh-sterewshs)
 -
 - » Άγκιστρα ασφαλείας (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-agkistra-asfaleias)
 -
 - » Αγκύρια (/online-store/eidh-sterewshs/agkyria)
 -
 - » Ασφάλειες κλειδιών (/online-store/eidh-sterewshs/asfaleies-kleidiwn)
 -
 - » Βιδοθηλιές (/online-store/eidh-sterewshs/vidothleies)
 -
 - » Βύσματα μεταλλικά (/online-store/eidh-sterewshs/metallika-vysmata)
 -
 - » Βύσματα πλαστικά (/online-store/eidh-sterewshs/plastika-vysmata)
 -
 - » Γάντζοι (/online-store/eidh-sterewshs/gantzoi)

- ο
- ο » Εντατήρες (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-entathres)
- ο
- ο » Μπουζονοστρίφωνα (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-mpouzonostrifwna)
- ο
- ο » Ναυτικά κλειδιά (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-nautika-kleidia)
- ο
- ο » Ναυτικοί γάντζοι (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-nautikoi-gantzoi)
- ο
- ο » Στηρίγματα κεραίας (/online-store/eidh-sterewshs/sthrigmata-keraias)
- ο
- ο » Στραβόβιδες (/online-store/eidh-sterewshs/stravovides)
- ο
- ο » Στριφτάρια (/online-store/eidh-sterewshs/striftaria)
- ο
- ο » Στριφώνια (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-strifwnia)
- ο
- ο » Συνδετήρες (/online-store/eidh-sterewshs/syndethres)
- ο
- ο » Σφιγκτηράκια συρματοσχοίνων (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-sfigkthrakia-syrmatosxoinwn)
- ο
- ο » Σφιγκτήρες σωλήνων (/online-store/eidh-sterewshs/sfigthres-swlnwn)
- ο
- ο » Ταινίες πολυπροπυλενίου (/online-store/eidh-sterewshs/tainies-polypropyleniou)
- ο
- ο » Τσέρκια διάτρητα (/online-store/eidh-sterewshs/tserkia-diatrhta)
- ο
- ο » Τιμεντόβιδες (μπετόβιδες) (/online-store/eidh-sterewshs/eidh-sterewshs-tsimentovides-mpetovides)
- ο
- ο » Χαλκάδες (/online-store/eidh-sterewshs/xalkades)
- ο
- ο » Χημικά αγκύρια (/online-store/eidh-sterewshs/xhmika-agkyria)
- Συστήματα αποθήκευσης (/online-store/systhmata-apothkeyshs)
- Είδη επιπλοποιίας (/online-store/eidh-epiplotoiias)
- Ναυτιλιακά είδη (/online-store/nautiliaka-eidh)
- Ηλεκτρολογικά είδη (/online-store/hlektrologika-eidh)
- Είδη πρόσδεσης (/online-store/eidh-prosdeshs)
- Είδη χρωματοπωλείου (/online-store/eidh-xrwmatopwleiou)
- Είδη θέρμανσης (/online-store/eidh-thermanshs)
- Είδη σήμανσης (/online-store/eidh-shmanshs)
- Είδη σπιτιού (/online-store/eidh-spitiou)

Τυχαίο προϊόν



(/online-store/agrotika-eidh/kladeuthria/elathrio-gia-kladeuthri-isisio-benman-ps-9-20-detail)

Ελατήριο για κλαδευτήρι ίσιο Benman PS 9-20 (/online-store/agrotika-eidh/kladeuthria/elathrio-gia-kladeuthri-isisio-benman-ps-9-20-detail)

Τιμή με ΦΠΑ 24%:

Διάσταση χημικής αμπούλας	Μήκος αμπούλας	Διάμετρος τρύπας	Βάθος τρύπας	Προτεινόμενα φορτία εφελκυσμού	Αποστάσεις κέντρων	συσκευασία
	mm	mm	mm	(sf=3) KN ⁽¹⁾	mm	φιαλίδιο
VPK-SF M 8	80	10	80	4,0	200	10
VPK-SF M10	85	12	90	7,0	220	10
VPK-SF M12	95	14	110	10,0	270	10
VPK-SF M16	95	18	125	15	310	10
VPK-SF M20	160	25	170	27	420	5
VPK-SF M24	190	28	210	37	520	5
VPK-SF M30	260	35	280	60	700	5



VPK



ASK

Διάσταση χημικής αμπούλας	Μέγιστο πάχος συγκράτησης	συσκευασία	
		Γαλβανιζέ	INOX A4
ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΝΤΙΖΑΣ	ΝΤΙΖΑ ΓΑΛΒΑΝΙΖΕ (5.8) ή INOX (A4)		
ASK M 8x110	13	10	10
ASK M 10x130	20	10	10
ASK M 12x160	25	10	10
ASK M 16x190	35	10	10
ASK M 20x260	70	5	5
ASK M 24x300	65	5	5
ASK M 30x380	70	5	5

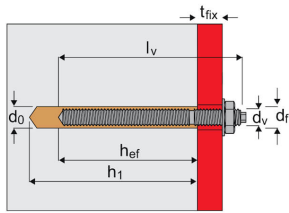
ΧΡΟΝΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Θερμοκρασία αμπούλας (περιβάλλοντος)	-5 °C / 0 °C	0 °C / +5 °C	5 °C / 10 °C	10 °C / 20 °C	> 20 °C
Χρόνος εργασίας (min)	30 min	20 min	15 min	10 min	5 min
Χρόνος εφαρμογής (min)	360 min	180 min	90 min	40 min	20 min

Ως "Χρόνος εργασίας" αναφέρεται το χρονικό διάστημα που διαθέτουμε για την τοποθέτηση της ντίζας πριν η ρυτίνη αρχίσει να στερεοποιείται.

Ως "Χρόνος εφαρμογής" αναφέρεται το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την στερεοποίηση της ρυτίνης πριν τοποθετήσουμε το προς στερέωση αντικείμενο.



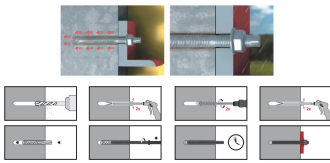


Διάμετρο επιπέδου κεφαλής	Μήκος αγκύρας	Επίπεδο κεφαλής	Μήκος σπείρας	Χρησιμοποιούμενο αγκυρώσιμο	Απόσταση επιπέδου κεφαλής	Μετατόπιση
mm	mm	mm	mm	cm=2MPa	mm	mm/mm
VPK-SF M 8	85	18	66	8,0	200	10
VPK-SF M 10	85	12	70	7,0	220	10
VPK-SF M 12	95	14	79	10,0	270	10
VPK-SF M 14	95	18	72	15	310	10
VPK-SF M 16	140	25	110	27	420	5
VPK-SF M 18	150	28	120	37	520	5
VPK-SF M 20	240	35	200	45	700	5



Διάμετρο επιπέδου κεφαλής	Μέγιστος επιπέδου κεφαλής	Μετατόπιση	Μονάδα
Επιπέδου κεφαλής	Μέγιστος επιπέδου κεφαλής (mm)	mm	mm
ASK M 8x110	11	10	10
ASK M 10x120	25	10	10
ASK M 12x140	25	10	10
ASK M 14x150	25	10	10
ASK M 16x160	30	5	5
ASK M 18x180	40	5	5
ASK M 20x190	50	5	5

Μετατόπιση	Χρόνος στερέωσης (min)	Χρόνος στερέωσης (min)	Χρόνος στερέωσης (min)	Χρόνος στερέωσης (min)	Χρόνος στερέωσης (min)
10	20	10	10	5	5
5	30	15	15	5	5



Ντίζα ASK M12 x 160 γαλβανιζέ για χημικό αγκύριο KALM VPK-SF (πακέτο 10 τεμ.)

Καινοτόμο και αποτελεσματικό.

Κωδικός: 014-10673

Τιμή καταλόγου (προ εκπτώσεων) χωρίς ΦΠΑ: 1,31 €

Τιμή καταλόγου (προ εκπτώσεων) με ΦΠΑ 24%: 1,62 €

Ρωτήστε για το προϊόν (/online-store/eidh-sterewshs/xhmika-agkyria/ntiza-ask-m12-160-galvanize-10-detail/askquestion?tmpl=component)

Περιγραφή

Χημικό αγκύριο KALM VPK-SF (φιαλίδιο). Πιστοποιημένο σύστημα αγκύρωσης σε μη ρηγματωμένο μπετόν σε συνεργασία με τα αντίστοιχα μπουζόνια. Βρίσκει εφαρμογή τόσο σε στεγνό όσο και σε υγρό περιβάλλον (και σε θαλασσινό νερό). Τα χημικά αγκύρια VPK-SF απαρτίζονται από ένα μείγμα ρητινών (βινυλεστέρα) και ενός σκληρυντικού (χωρίς στυρένιο που περιορίζει την χαρακτηριστική οσμή). Το προς στερέωση αντικείμενο (μπουζόνι) τοποθετείται στην οπή με την χρήση κρουστικού δράπανου, προκειμένου να σπάσει το φιαλίδιο και να αναμειχθούν ομοιόμορφα η ρητίνη με το σκληρυντικό. Το μείγμα γεμίζει το κενό μεταξύ του μπουζονιού και των τοιχωμάτων του μπετόν και μόλις στερεοποιηθεί (πίνακας θερμοκρασίας χρόνου) μπορούμε να εφαρμόσουμε φορτίο (σύμφωνα με τον αντίστοιχο πίνακα επιτρεπομένων φορτίων).

Χαρακτηριστικά:

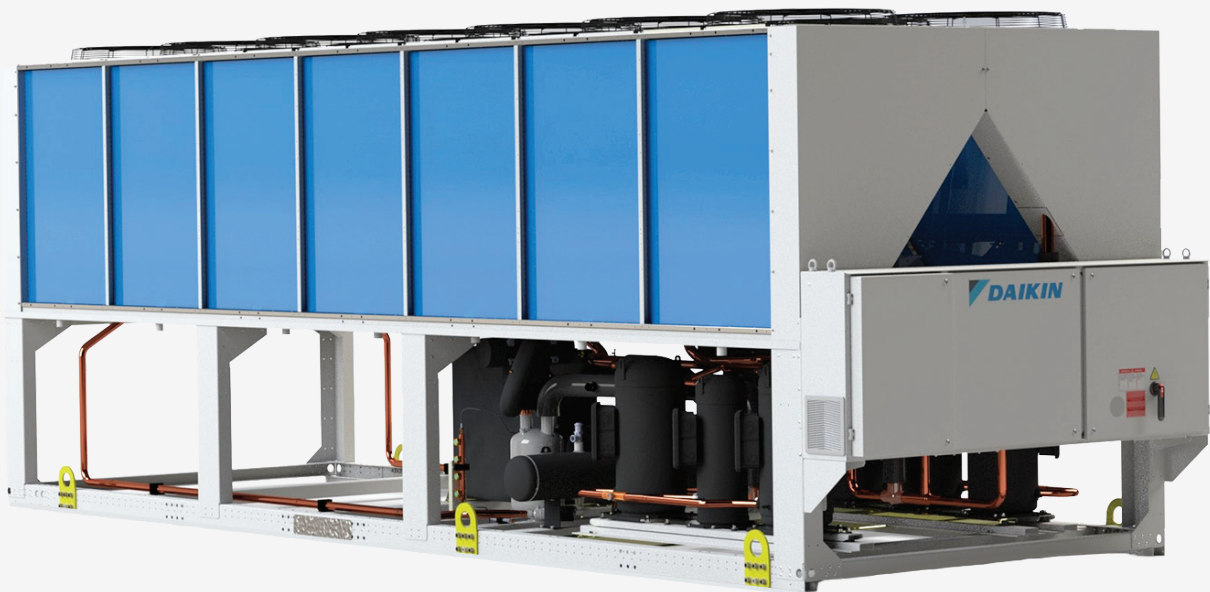
- Ταχύτατο και αποτελεσματικό σύστημα στερέωσης.
- Ακριβές μείγμα χωρίς υπολείμματα.
- Χημική σύνθεση εποξειδικής ρυτίνης χωρίς στυρένιο, για την αποφυγή δυσάρεστων οσμών επιτρέποντας την χρήση της σε κλειστούς χώρους.
- Ίδανικό για αγκυρώσεις βαρέως τύπου με ελάχιστες αποστάσεις από τα άκρα καθώς και μεταξύ των βυσμάτων.
- Πιστοποιημένο σύμφωνα με τους Ευρωπαϊκούς κανονισμούς "ΕΤΑ".

Τα "VPK-SF" είναι χημικά αγκύρια (βινυλεστέρας) συσκευασμένα σε γυάλινα φιαλίδια. Σε συνδυασμό με κατάλληλα διαμορφωμένη ντίζα προσφέρουν ένα άριστο σύστημα στερέωσης με υψηλές μηχανικές ιδιότητες για μεγάλο εύρος εφαρμογών. Δεν προφορτίζουν το μπετόν, επιτυγχάνουν ακρίβεια στη δοσολογία της ρητίνης, ενώ συγχρόνως στεγανοποιούν την εφαρμογή. Βρίσκουν εφαρμογή σε συμπαγή υλικά (μπετόν, πέτρα, κλπ).

"ASK" Ντίζα ειδικά διαμορφωμένη για την ανάδευση των υλικών. Στην συσκευασία περιλαμβάνεται κατάλληλο εργαλείο για την συγκράτηση και εφαρμογή της.

EWYT-B-

Multi scroll heat pumps
with R-32 refrigerant



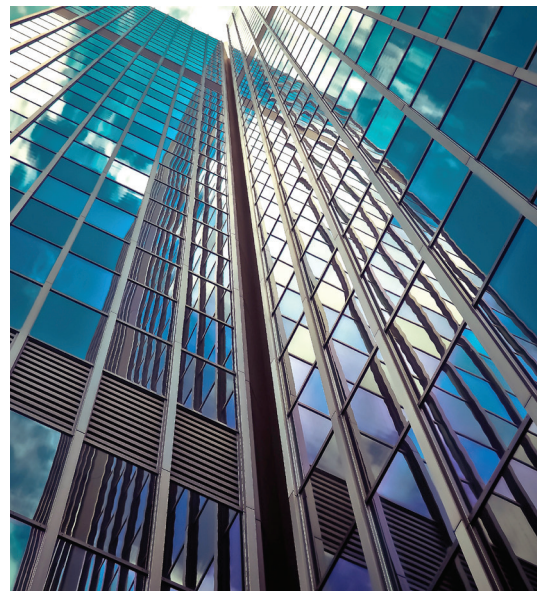
The best performance and the lowest combined levels of direct
and indirect CO2 emissions



Why choose EWYT-B- heat pumps?

R-32

- ✓ Top class efficiency, SEER up to 4,92 and SCOP up to 4,06
- ✓ Low environmental impact thanks to R-32 refrigerant
- ✓ Dedicated Scroll Compressors for hot water production up 60°C
- ✓ The Global Warming Potential (GWP) of R-32 refrigerant is 675, which is only one third compared to commonly used refrigerant R-410
- ✓ The low GWP R-32 refrigerant falls into category class A2L in ISO817 and it can be safely used in many applications including chilled water systems
- ✓ As a single component refrigerant, R-32 is also easier to recycle and reuse another environmental plus in its favour
- ✓ Wide capacity range: 80 – 650 kW
- ✓ Optimized Copper -Aluminium Coils improving performances and de-frosting operation



- ✓ Silver and Gold efficiency versions
- ✓ Extensive option lists
- ✓ 3 sound configurations
- ✓ Fan speed modulation option (VFD)
- ✓ 2 different layouts:
Parallel Coil and Double V Coil
- ✓ One or Two independent refrigerant circuits
- ✓ Full compatibility with Daikin on Site



Layouts & Range overview

Parallel coils



Silver Efficiency	75-193 kW 82-213 kW	1 circuits
Gold Efficiency	80-206 kW 86-218 kW	
Silver Efficiency	189-230 kW 209-256 kW	2 circuits
Gold Efficiency	206-250 kW 215-261 kW	

Double-V coils



Silver Efficiency	270-570 kW 300-627 kW	2 circuits
Gold Efficiency	294-630 kW 306-650 kW	

Extensive option lists

Including new options:

Partial heat recovery

Introduction of condensation control allowing to maintain heat recovery capacity at lower ambient temperatures with unit operating at full capacity

Buffer tank

Unit mounted buffer tank available all across the range for plug and play solution.

VFD pumps and variable flow control

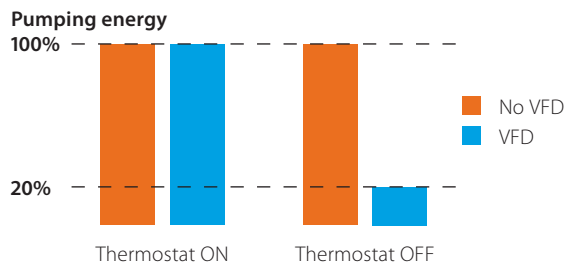
- › Variable pump speed control via external 0-10 volt signal
- › “Thermostat on” and “thermostat off” pump speed management
- › Variable primary flow control

Master/Slave supplied as standard

Master/Slave functionality allowing to manage up to 4 units on the same system without the need of external control devices.

Fan Silent Mode

The parallel coil units and units with VFD option are standardly equipped with Fan Silent Mode, which reduces fan velocity and therefore unit sound emission on scheduled time bands, enhancing comfort during night operation



Connectivity

mAP

- › Android app
- › Replicate the controller of the unit
- › Operate on the unit by remote smart device (tablet, smartphone, PC)
- › Soon available on PlayStore



Daikin on Site

Fully compatible with Daikin on Site cloud based platform that allows a number of advanced functionalities including:

- › Remote monitoring,
- › System optimization
- › Preventive maintenance

Remote access with one click via LAN or 4G LTE router



Connection to Intelligent Chiller Manager

Daikin can offer the Intelligent Chiller Manager option, allowing energy optimisation of the system and, when necessary, full customization of the control solutions to the specific installation's needs even in case of more complex installation

- › High number of units
- › Cooling and Heating mode
- › Peripheral controls



Technical details

Extensive list of options and accessories can be provided on request, such as fully integrated hydronic kit for fixed flow or variable flow operation, partial heat recovery for sanitary hot water production and many other solutions.

R-32

	EWYT-B-SS/SL	085	105	135	175	215	205	235	255	300	340	390	430	490	540	590	630	
Capacity - Cooling	kW	75,1	97,9	120	153	193	189	212	230	270	317	350	375	434	482	531	570	
Unit power input	kW	28,0	36,7	44,8	58,0	72,2	71,5	78,8	86,6	102	118	133	147	171	192	207	219	
EER		2,68	2,67	2,69	2,64	2,67	2,65	2,69	2,66	2,65	2,69	2,63	2,55	2,54	2,51	2,57	2,60	
IPLV/IP		4,43	4,40	4,32	4,28	4,36	4,33	4,31	4,35	4,20	4,31	4,20	4,31	4,46	4,52	4,44	4,53	
SEER		3,90	3,98	3,90	4,01	3,90	3,96	3,96	3,90	3,99	4,10	3,99	4,00	4,23	4,23	4,17	4,25	
Capacity - Heating	kW	82	106	132	170	213	209	236	256	300	343	390	433	487	542	591	627	
Unit power input	kW	28,2	36,5	45,3	58,9	72,4	73,8	82,1	87,0	104	116	136	150	167	186	202	214	
COP		2,91	2,90	2,91	2,88	2,88	2,89	2,87	2,94	2,88	2,95	2,88	2,88	2,92	2,92	2,93	2,93	
SCOP		3,34	3,41	3,36	3,40	3,40	3,37	3,34	3,29	3,27	3,28	3,35	3,33	3,37	3,35	3,38	3,37	
Height	mm	1800									2514							
Width	mm	1195									2282							
Length	mm	2225	2825	3425		4350	4025	4950			3225		4125			5025		
Unit Weight	(SS) kg	955	1065	1165	1320	1500		1800	1825	2100	2250	3180	3190	3180	3370	4267		
	(SL) kg	985	1095	1195	1350	1530		1830	1855	2260	2410	3340	3350	3340	3530	4427		
Operating Weight	(SS) kg	962	1072	1172	1327	1511	1511	1811	1839	2114	2270	3200	3210	3207	3397	4302	4308	
	(SL) kg	992	1102	1202	1357	1541	1541	1841	1869	2274	2430	3360	3370	3367	3557	4462	4468	
WATER HEAT EXCHANGER																		
Plates																		
Water flow rate - Cooling	l/s	3,6	4,7	5,8	7,3	9,2	9,0	10,1	11,0	12,9	15,1	16,7	17,9	20,7	23,0	25,3	27,2	
Water pressure drop - Cooling	kPa	14,0	24,2	35,1	54,1	46,5	45,0	55,2	45,2	60,2	49,2	58,9	66,7	58,7	71,2	58,3	66,1	
Water flow rate - Heating	l/s	3,9	5,1	6,3	8,1	10,2	10,0	11,3	12,2	14,3	16,4	18,6	20,7	23,3	25,9	28,3	30,0	
Water pressure drop - Heating	kPa	17,6	27,8	41,2	64,7	55,4	53,6	66,6	54,4	72,3	56,5	71,3	86,0	72,1	87,3	70,4	78,4	
Heat Exchanger water inlet/outlet	mm	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	
AIR HEAT EXCHANGER																		
Cu/Al																		
Axial																		
Fan Quantity		4	6	8		10		12		5	6	8			10			
Scroll																		
Nr. of compressors		2					4					5	6					
Nr. of Circuits		1					2											
Sound Power - Cooling	(SS) dB(A)	83,8	87,2	89,1	90,8	92,2	89,9	91,0	91,7	94,0	94,9	95,9	96,3	96,6	96,8	97,5	97,8	
	(SL) dB(A)	82,7	85,2	86,8	87,8	89,0	87,7	88,6	89,0	90,8	91,6	92,8	92,9	92,9	93,0	93,9	93,9	
Sound Pressure level@1m distance - Cooling	(SS) dB(A)	66,4	69,4	70,9	72,6	73,7	71,2	72,0	72,7	74,5	75,4	75,9	76,3	76,6	76,8	77,1	77,4	
	(SL) dB(A)	65,3	67,4	68,6	69,6	70,5	69,0	69,6	70,0	71,3	72,1	72,8	72,9	72,9	73,0	73,5	73,5	
Refrigerant type																		
R32 / 675																		
Refrigerant charge	kg	11	19	27	27	35	35	43	43	28	42	71	71	71	71	86	100	
Maximum inrush current	A	211	327	343	464	495	408	425	439	564	598	636	666	712	757	795	825	
Maximum running current	A	68,2	84,6	101	131	163	166	183	197	232	266	304	334	379	425	463	493	
Phases/Frequency/Voltage	Hz/V	3~/50/400																

R-32

	EWYT~B-SR	085	105	135	175	215	205	235	255	300	340	390	430	490	540	590	630	
Capacity - Cooling	kW	73,6	96,4	119	150	189	186	209	226	265	311	344	368	424	470	519	557	
Unit power input	kW	28,8	37,3	45,5	59,4	74,1	73,2	80,5	88,7	102	118	132	147	172	195	208	222	
EER		2,56	2,58	2,61	2,53	2,55	2,54	2,59	2,55	2,59	2,64	2,61	2,50	2,46	2,41	2,50	2,51	
IPLV/IP		4,36	4,24	4,30	4,38	4,29	4,29	4,28	4,26	4,29	4,69	4,58	4,61	4,78	4,89	4,82	4,91	
SEER		3,82	3,93	3,87	3,96	3,82	3,92	3,83	3,84	4,18	4,37	4,21	4,19	4,49	4,49	4,46	4,52	
Capacity - Heating	kW	81	105	131	167	210	207	233	251	296	335	385	427	477	528	581	615	
Unit power input	kW	28,00	36,29	44,87	58,43	73,17	71,97	81,49	86,35	102	114	132	144	160	179	194	206	
COP		2,89	2,90	2,92	2,86	2,87	2,88	2,86	2,91	2,90	2,95	2,91	2,96	2,98	2,96	2,99	2,98	
SCOP		3,35	3,40	3,37	3,42	3,43	3,44	3,32	3,33	3,42	3,49	3,49	3,57	3,65	3,60	3,67	3,66	
Height	mm	1800									2514							
Width	mm	1195									2282							
Length	mm	2225	2825	3425		4025	4350	4950		3225		4125			5025			
Unit Weight	kg	985	1095	1195	1350	1530	1530	1830	1855	2260	2410	3340	3350	3340	3530	4427		
Operating Weight	kg	992	1102	1202	1357	1541		1841	1869	2274	2430	3360	3370	3367	3557	4462	4468	
WATER HEAT EXCHANGER		Plates																
Water flow rate - Cooling	l/s	3,51	4,6	5,67	7,18	9,02	8,88	9,95	10,8	12,7	14,8	16,4	17,5	20,2	22,4	24,8	26,6	
Water pressure drop - Cooling	kPa	14,4	23,5	34,2	52,3	44,9	43,6	53,6	43,7	58,1	47,7	57,1	64,4	56,3	67,8	56	63,4	
Water flow rate - Heating	l/s	3,87	5,03	6,26	7,99	10	9,91	11,1	12	14,1	16	18,4	20,4	22,83	25,28	27,79	29,43	
Water pressure drop - Heating	kPa	17,1	27,3	40,5	62,8	53,9	52,7	65	52,6	70,5	54,3	69,6	83,86	69,57	83,57	68,25	75,67	
Heat Exchanger water inlet/outlet	mm	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	88,9	
AIR HEAT EXCHANGER		Cu/Al																
Fan Type		Axial																
Fan Quantity		4	6	8		10	12		5	6	8			10				
Compressor		Scroll																
Nr. of compressors		2				4						5	6					
Nr. of Circuits		1				2												
Sound Power - Cooling	dB(A)	78	82	84	85	87	84	86	86	87	88	89	89	89	90	90	91	
Sound Pressure level@1m distance - Cooling	dB(A)	60	64	65	67	68	66	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	
Refrigerant type		R32 / 675																
Refrigerant charge	kg	11	19	27	27	35	35	43	43	28	42	71	71	71	71	86	100	
Maximum inrush current	A	211	327	343	464	495	408	425	439	564	598	636	666	712	757	795	825	
Maximum running current	A	68,2	84,6	101	131	163	166	183	197	232	266	304	334	379	425	463	493	
Phases/Frequency/Voltage	Hz/V	3~/50/400																

Technical details

Extensive list of options and accessories can be provided on request, such as fully integrated hydronic kit for fixed flow or variable flow operation, partial heat recovery for sanitary hot water production and many other solutions.

R-32

	EWYT~B-XS/XL	085	115	135	175	215/1	215/2	235	265	310	350	400	440	500	560	600	630	650	
Capacity - Cooling	kW	79,8	104	126	166	206	206	229	250	288	328	370	406	467	519	560	597	610	
Unit power input	kW	26,3	35,1	42,1	56,6	71,9	68,0	75,0	83,4	94,0	108	123	135	158	177	193	204	207	
EER		3,03	2,95	2,99	2,93	2,86	3,03	3,06	3,00	3,06	3,05	3,02	3,01	2,95	2,93	2,90	2,92	2,95	
IPLV.IP		4,75	4,69	4,69	4,69	4,72	4,87	4,87	4,64	4,94	4,96	4,96	5,00	5,10	5,08	5,05	5,05	4,66	
SEER		4,24	4,38	4,24	4,45	4,21	4,41	4,40	4,13	4,57	4,67	4,54	4,57	4,72	4,71	4,70	4,69	4,40	
Capacity - Heating	kW	85,9	111	133	176	218	215	239	261	306	350	401	444	500	556	599	634	650	
Unit power input	kW	26,1	33,2	39,1	51,7	64,9	62,6	69,5	76,2	88,8	102	118	128	147	165	180	192	203	
COP		3,30	3,35	3,41	3,41	3,36	3,43	3,44	3,43	3,45	3,44	3,41	3,47	3,40	3,37	3,33	3,31	3,20	
SCOP		3,70	3,72	3,70	3,67	3,66	3,70	3,86	3,77	3,90	3,90	3,82	3,85	3,83	3,81	3,79	3,76	3,53	
Height	mm	1800									2514								
Width	mm	1195									2282								
Length	mm	2825	3425	4025	4625	5550	6150	4125	5025	5925	6825								
Unit Weight	(XS) kg	1080	1140	1220	1400	1600	2000	2300	2350	2830	3080	3650	3750	4206	4296	4760	4860	4860	
	(XL) kg	1110	1170	1250	1430	1610	2030	2330	2380	3140	3240	3810	3910	4366	4456	4920	5020	5020	
Operating Weight	(XS) kg	1091	1151	1231	1416	1616	2035	2335	2385	2865	3115	3685	3812	4268	4366	4830	4930	4930	
	(XL) kg	1121	1181	1261	1446	1626	2065	2365	2415	3175	3275	3845	3972	4428	4526	4990	5090	5090	
WATER HEAT EXCHANGER		Plates																	
Water flow rate - Cooling	l/s	3,81	4,95	6,00	7,91	9,82	9,83	10,9	11,9	13,7	15,7	17,7	19,4	22,3	24,7	26,7	28,5	29,1	
Water pressure drop - Cooling	kPa	9,49	15,2	21,5	20,1	29,6	12,1	14,7	17,1	22,0	27,9	34,7	23,6	30,4	33,6	38,6	43,2	45,0	
Water flow rate - Heating	l/s	4,11	5,31	6,37	8,43	10,4	10,3	11,5	12,5	14,6	16,7	19,2	21,2	23,9	26,6	28,6	30,3	31,1	
Water pressure drop - Heating	kPa	10,8	17,1	23,7	22,3	32,8	13,0	15,8	18,4	24,5	31,2	39,8	27,6	34,3	38,0	43,4	48,1	50,2	
Heat Exchanger water inlet/outlet	mm	88,9																	
AIR HEAT EXCHANGER		Cu/Al																	
Fan Type		Axial																	
Fan Quantity		6	8	10	12	14	16	7	8	10	12	14							
Compressor		Scroll																	
Nr. of compressors		2					4					5	6						
Nr. of Circuits		1					2												
Sound Power - Cooling	(XS) dB(A)	81,2	85,6	87,6	89,9	91,4	88,5	89,7	90,6	92,4	93,4	94,2	94,8	95,3	95,6	96,1	96,5	98,4	
	(XL) dB(A)	79,5	82,6	84,1	86,2	87,5	85,4	86,4	87,1	86,4	87,1	88	88,2	88,9	89	89,6	89,7	95,3	
Sound Pressure level@1m distance - Cooling	(XS) dB(A)	63,4	67,4	69,4	71,4	72,6	69,2	70,2	71,1	72,4	73,4	73,8	74,4	74,5	74,8	75,0	75,4	77,3	
	(XL) dB(A)	61,2	63,9	65,4	67,2	68,2	65,6	66,4	67,1	66,4	67,1	67,6	67,8	68,1	68,2	68,5	68,6	74,2	
Refrigerant type		R32 / 675																	
Refrigerant charge	kg	17	29	30	35	44	50	50	55	70	70	85	100	114,5	129	143,5	158	158	
Maximum inrush current	A	213	329	343	465	497	412	429	443	562	594	629	659	710	755	790	820	841	
Maximum running current	A	70,2	86,5	101	133	165	170	186	201	229	262	297	327	377	423	458	488	509	
Phases/Frequency/Voltage	Hz/V	3~/50/400																	

R-32

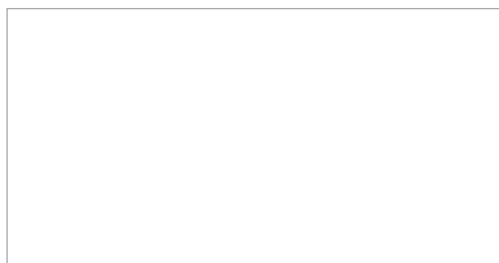
	EWYT~B-XR	085	115	135	175	215/1	215/2	235	265	310	350	400	440	500	560	600	630	650		
Capacity - Cooling	kW	79,1	103	124	164	203	204	227	247	282	321	364	398	458	507	548	583	600		
Unit power input	kW	26,5	35,4	42,6	57,3	72,8	68,7	75,7	84,5	95,1	109	124	137	161	180	196	208	204		
EER		2,98	2,90	2,92	2,86	2,79	2,97	3,00	2,93	2,96	2,95	2,93	2,91	2,85	2,81	2,80	2,80	2,94		
IPLV/IP		4,73	4,73	4,67	4,65	4,67	4,86	4,82	4,62	4,92	5,12	5,26	5,12	5,34	5,32	5,22	5,23	5,19		
SEER		4,21	4,37	4,21	4,41	4,16	4,42	4,43	4,13	4,74	4,80	4,82	4,63	4,92	4,89	4,83	4,79	4,72		
Capacity - Heating	kW	84,9	110	132	174	217	213	238	257	301	345	396	438	494	550	589	621	637		
Unit power input	kW	25,9	32,9	38,8	51,4	64,5	62,1	69,1	75,5	86,3	99,1	114	124	144	161	175	187	193		
COP		3,28	3,35	3,40	3,39	3,36	3,44	3,44	3,40	3,49	3,48	3,46	3,52	3,44	3,41	3,36	3,32	3,30		
SCOP		3,66	3,71	3,65	3,83	3,74	3,70	3,82	3,81	4,06	4,01	3,95	4,03	3,99	4,04	4,00	3,98	3,88		
Height	mm	1800										2514								
Width	mm	1195										2282								
Length	mm	2825	3425		4025	4625	5550	6150		4125		5025		5925		6825				
Unit Weight	kg	1110	1170	1250	1430	1610	2030		2380	3140	3240	3810	3910	4366	4456	4920	5020	5020		
Operating Weight	kg	1121	1181	1261	1446	1626	2065	2365	2415	3175	3275	3845	3972	4428	4526	4990	5090	5090		
WATER HEAT EXCHANGER		Plates																		
Water flow rate - Cooling	l/s	3,77	4,90	5,94	7,82	9,70	9,73	10,8	11,8	13,4	15,3	17,3	19,0	21,8	24,2	26,2	27,8	28,6		
Water pressure drop - Cooling	kPa	9,33	15,0	21,1	19,7	29,0	11,9	14,4	16,8	21,2	26,9	33,5	22,7	29,2	32,2	37,1	41,4	43,7		
Water flow rate - Heating	l/s	4,06	5,28	6,31	8,33	10,4	10,2	11,4	12,3	14,4	16,5	18,9	21,0	23,6	26,3	28,2	29,7	30,5		
Water pressure drop - Heating	kPa	10,6	16,9	23,4	21,8	32,3	12,8	15,6	17,9	23,8	30,4	39,0	27,0	33,5	37,2	42,1	46,3	48,5		
Heat Exchanger water inlet/outlet	mm	88,9																		
AIR HEAT EXCHANGER		Cu/Al																		
Fan Type		Axial																		
Fan Quantity		6	8		10	12	14	16		7	8	10		12		14				
Compressor		Scroll																		
Nr. of compressors		2						4						5	6					
Nr. of Circuits		1						2												
Sound Power - Cooling	dB(A)	77,1	81,0	82,9	85,1	86,5	83,9	85,0	85,9	83,6	84,3	85,2	85,5	86,2	86,3	86,9	87,1	91,6		
Sound Pressure level@1m distance - Cooling	dB(A)	59,3	62,8	64,7	66,6	67,7	64,6	65,5	66,4	63,6	64,3	64,8	65,1	65,4	65,5	65,8	66,0	70,5		
Refrigerant type		R32 / 675																		
Refrigerant charge	kg	17,0	29,4	29,8	34,5	44,0	50,0	50,0	55,0	70,0	70,0	85,0	100	115	129	144	158	158		
Maximum inrush current	A	213	329	343	465	497	412	429	443	572	606	644	674	728	773	811	841	841		
Maximum running current	A	70,2	86,5	101	133	165	170	186	201	240	274	312	342	395	441	479	509	509		
Phases/Frequency/Voltage	Hz/V	3~/50/400																		

Infinately flexible choice in heat pumps



BLUEEVOLUTION

Daikin Europe N.V. Naamloze Vennoetschap Zandvoordestraat 300 · 8400 Oostende · Belgium · www.daikin.eu · BE 0412 120 336 · RPR Oostende (Publisher)



ECPEN20-407

05/20



Daikin Europe N.V. participates in the Eurovent Certified Performance programme for Liquid Chilling Packages and Hydronic Heat Pumps, Fan Coil Units and Variable Refrigerant Flow systems. Check ongoing validity of certificate: www.eurovent-certification.com



The present publication is drawn up by way of information only and does not constitute an offer binding upon Daikin Europe N.V. Daikin Europe N.V. has compiled the content of this publication to the best of its knowledge. No express or implied warranty is given for the completeness, accuracy, reliability or fitness for particular purpose of its content and the products and services presented therein. Specifications are subject to change without prior notice. Daikin Europe N.V. explicitly rejects any liability for any direct or indirect damage, in the broadest sense, arising from or related to the use and/or interpretation of this publication. All content is copyrighted by Daikin Europe N.V.

Printed on non-chlorinated paper.

H1Z2Z2-K

Solar cables

material: XLPE tipology: SINGLECORE



Applications: Photovoltaic Cables

Conditions of employment

The single core H1Z2Z2-K cable represents a right solution to link the solar cellars between them or to wire with frequency converters and terminal boards. The H1Z2Z2-K cable guarantees good resistance to UV-rays and various weather conditions. The wide working temperature range allows the use also in extreme conditions, avoiding deterioration caused by heat and permitting a right use of the fotovoltaic panel in every season.

Type of electrical conductor: Flexible tinned copper

Main rule: EN 50618

Conductor: EN 60228; IEC 60228

Self-extinguishing: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

Ozone resistance: EN 50396 8.1.3

Description

Low smoke halogen-free, flexible, single-core power cables with cross-linked insulation and sheath.

Technical Specifications

Review number	n. 3 - 18/2/2019
Nominal tension	1,0/1,0 kVca - 1,5 kVdc
Type of insulation	Compound conforming to EN 50618
Type of outer sheath	Compound conforming to EN 50618
Color of the outer sheath	Black, blue, red
Operating temperature	-40° C +90° C
Short circuit temperature	Max 250° C 5 sec °C
Test voltage	6500 Vac - 15000 Vdc
Cable marking	ELETTRO BRESCIA H1Z2Z2-K (I/II)* 1xsect. mm ² TÜV Rheinland Reg. Nr. R (60109330/60108022)* Dca- s2,d2,a1 max 1,8KVdc
Minimum radius of curvature	4 times the cable diameter for fixed and mobile laying.

Documents::

[Certificate](#)

[Certificate](#)

[DoP00001 H1Z2Z2-K](#)

[DoP00015 H1Z2Z2-K](#)

-
-
-
-

Sections

Nominal section	Max wire diameter	Conductor diameter	Insulation thickness	Average sheath thickness	Average diameter	Copper electric resistance 20°C	Indicative weight	CU Factor
(Nxmm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(ohm/km)	(kg/km)	(kg/km)
1x2,50	0,25	0,000	0,75	0,80	5,1	8,21	47	24
1x4,00	0,30	0,000	0,72	0,80	5,4	5,09	58	38,4
1x6,00	0,30	0,000	0,74	0,80	6,0	3,39	78	57,6
1x10,00	0,40	0,000	0,73	0,80	7,0	1,95	125	96
1x16,00	0,40	0,000	0,74	0,90	8,2	1,24	184	153,6

Note:

The manufacturer reserves the right to modify all or part of the data shown in this catalog

Refer to the CEI EN 50565 standard series as a guide to the use of cables with rated voltage not exceeding 450/750 V (U₀ / U) and to the CEI 20-92 standard as a guide for handling and storing wooden cable reels electric.

Elettro Brescia S.p.A. - Via Bulloni, 58 - 25050 Camignone di Passirano (BS)

Tel. +39 0306850663 - Fax +39 030 6850444 - email
info@elettrobrescia.it

APPLIES TO: SPR-P19-400-COM, SPR-P19-395-COM, SPR-P19-390-COM, SPR-P19-385-COM, SPR-P19-380-COM

TESTS AND CERTIFICATIONS	
Standard tests ¹	UL1703 (Type 2 Fire Rating)
Quality tests	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	OHSAS 18001:2007
Ammonia test	IEC 62716
Desert test	MIL-STD-810G
Salt-spray test	IEC 61701 (max. severity)
PID test	Potential-Induced Degradation free: 1500V
Max Load	Generation Frame 4.1 Wind: 2400 Pa, 244 kg/m ² front & back Snow: 5400 Pa, 550 kg/m ² front
Operating Temps	- 40°C to +85°C (- 40°F to +185°F)

WARRANTY, IMPACT RESISTANCE, FUSE RATING, J-BOX	
WARRANTIES	25-YEAR LINEAR POWER WARRANTY 25-YEAR LIMITED PRODUCT WARRANTY
Impact Resistance	25mm diameter hail at 23 m/s
Max Series Fuse	20 A
Connectors	PV4S with cable lengths 1000mm, 1300mm
Junction Box	IP-67 Rated, TE

P-SERIES MAJOR GLOBAL MARKET LISTINGS	
Major Market Listings	UL, CEC, FSEC

PLATFORM ELECTRICAL DATA, STC

Module	Platform (Number of cells)	At Standard Test Conditions						
		Nominal Power (W)	Power Tolerance (%)	Rated Voltage Vmp (V)	Rated Current Imp (A)	Open Circuit Voltage Voc (V)	Short Circuit Current, Isc (A)	Max System Voltage UL Vmax (V)
SPR-P19-400-COM	480	400	+5/-0	44.8	8.93	53.6	9.50	1500
SPR-P19-395-COM	480	395	+5/-0	44.4	8.90	53.4	9.47	1500
SPR-P19-390-COM	480	390	+5/-0	44.1	8.85	52.9	9.45	1500
SPR-P19-385-COM	480	385	+5/-0	43.8	8.80	52.5	9.44	1500
SPR-P19-380-COM	480	380	+5/-0	43.4	8.78	52.2	9.43	1500

TEMPERATURE COEFFICIENTS & EFFICIENCY REFERENCES

Module	At STC		Basic Temperature Data				Efficiency Numbers		
	Nominal Power (W)	Avg Power (W)	Current (Isc) Temp. Coeff. (mA/°C)	Voltage (Voc) Temp. Coeff. (mV/°C)	Power Temp. Coeff. (%/°C)	NOCT @ 20°C (Value +/- 2°C)	Nominal Power Efficiency (%)	Nominal Peak Power per Unit Area (W/m ²)	Nominal Peak Power per Unit Area (W/ft ²)
SPR-P19-400-COM	400	402.5	0.0005	-0.0029	-0.36%	45	19.4%	194	18.0
SPR-P19-395-COM	395	397.5	0.0005	-0.0029	-0.36%	45	19.1%	191	17.8
SPR-P19-390-COM	390	392.5	0.0005	-0.0029	-0.36%	45	18.9%	189	17.6
SPR-P19-385-COM	385	387.5	0.0005	-0.0029	-0.36%	45	18.7%	187	17.3
SPR-P19-380-COM	380	382.5	0.0005	-0.0029	-0.36%	45	18.4%	184	17.1

PLATFORM PERFORMANCE AT NOCT (800 W/m², 20°C ambient, 1 m/s wind speed)

Module	At STC	Nominal Electrical data at NOCT (NOCT : 800W/m ² , 20°C amb. Temp., 1m/s wind speed)					
	Nominal Power (W)	NOCT Pnom (W)	NOCT Vmpp (V)	NOCT Impp (A)	NOCT Voc (V)	NOCT Isc (A)	NOCT % of rated
SPR-P19-400-COM	400	294	41.1	7.15	49.6	7.60	73.4%
SPR-P19-395-COM	395	290	40.7	7.12	49.4	7.58	73.4%
SPR-P19-390-COM	390	287	40.5	7.08	49.0	7.56	73.5%
SPR-P19-385-COM	385	283	40.2	7.04	48.6	7.56	73.5%
SPR-P19-380-COM	380	280	39.8	7.03	48.3	7.55	73.6%

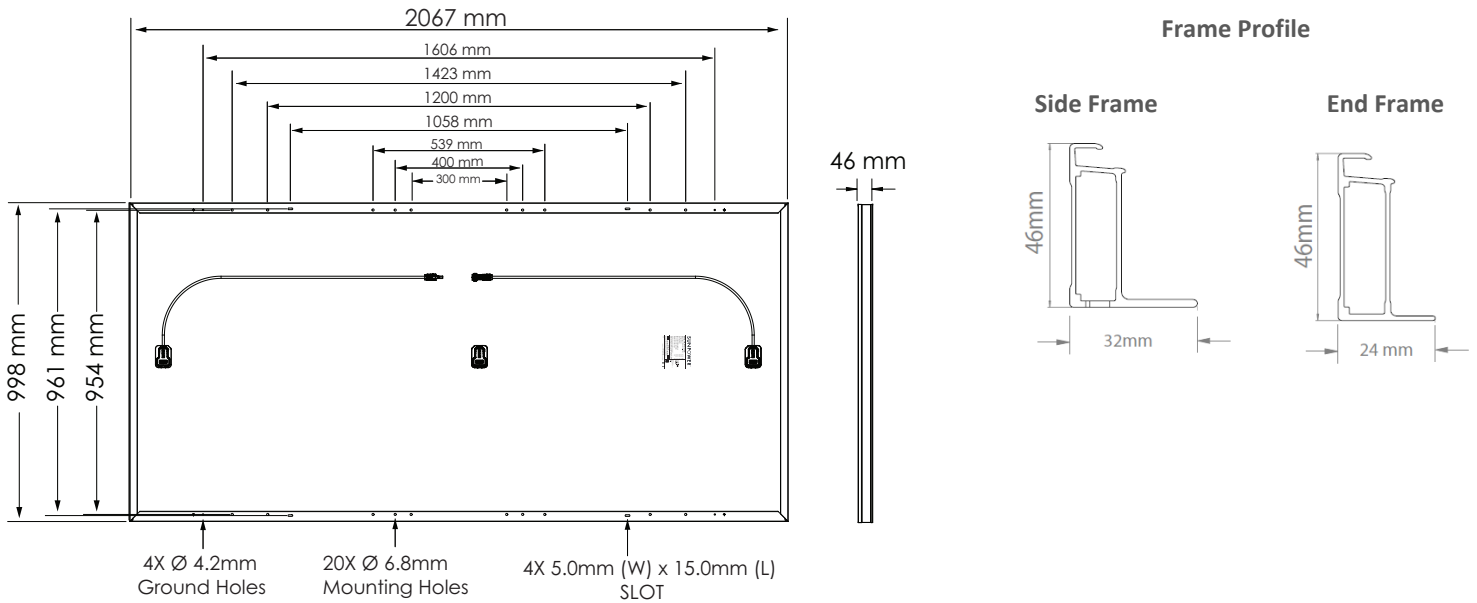
PLATFORM PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE (200 W/m², 25°C cell temperature, air mass 1.5 SSID*)

Module	At STC	Irradiance vs. Power at Low Irradiance (200W/m ² and @25°C (SNL coefficients))			
	Nominal Power (W)	Low irradiance Pmpp (W)	Low irradiance Vmpp (V)	Low irradiance Impp (A)	Pctg. of nominal power
SPR-P19-400-COM	400	72.8	41.8	1.74	18.2%
SPR-P19-395-COM	395	71.9	41.5	1.73	18.2%
SPR-P19-390-COM	390	71.0	41.2	1.72	18.2%
SPR-P19-385-COM	385	70.1	40.9	1.71	18.2%
SPR-P19-380-COM	380	68.2	40.0	1.71	18.2%

*SSID = Solar Spectral Irradiance Distribution

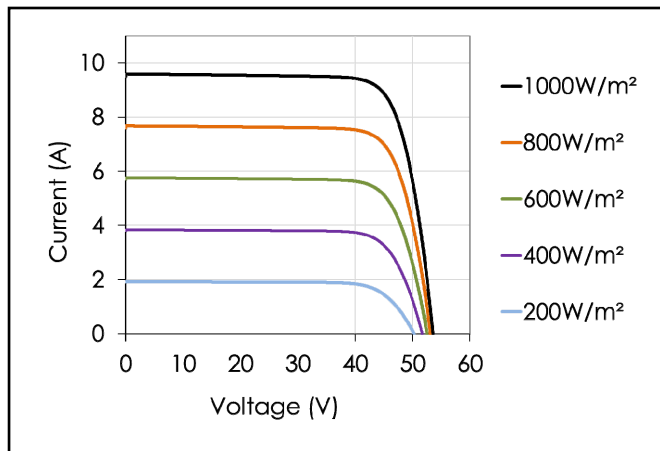
MODULE PLATFORM DIMENSIONS

Gen 4.1 Frame (without stacking pins) P19 Modules

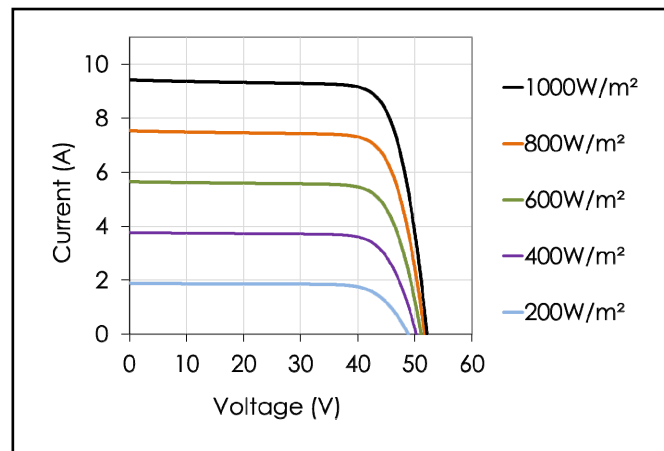


IV CURVES OF PRIMARY PLATFORM MODELS

SPR-P19-400-COM



SPR-P19-380-COM



Alumil SUPREME S700

1 Έξυπνο σύστημα απορροής υδάτων με εξαιρετικές επιδόσεις, ακόμα και σε έντονες καιρικές συνθήκες.

Smart water drainage system, effective even by extreme weather conditions.

2 Ειδικό εξάρτημα απορροής υδάτων κάτω από το κεντρικό προφίλ (γάντζο) επάλληλων συρόμενων, που παρέχει υψηλό επίπεδο υδατοστεγάνωσης.

Special water drainage valve, placed under the central interlocking profile, offering a high level of watertightness.

3 Ο χαμηλός οδηγός αποτελείται από 3 διαφορετικά προφίλ, διευκολύνοντας την κρυφή εκροή των υδάτων προς την εξωτερική πλευρά της κατασκευής.

The low threshold consists of 3 different profiles that enable concealed water drainage to the external side of the system.

4 Ειδικά κατεργασμένα προφίλ διευκολύνουν την ροή των υδάτων στον εσωτερικό θάλαμο του οδηγού, κατευθύνοντας το νερό προς τα έξω.

Specially perforated profiles allow the water to flow to its way out, through and within the track.



Πλάτος επαλληλίας μόνο 47 mm για μέγιστη ορατότητα.

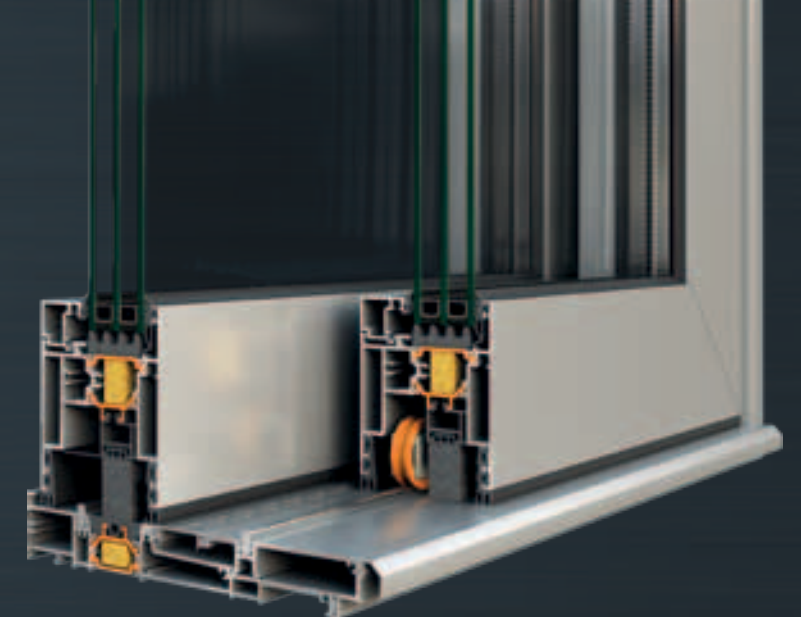
Interlocking face width of only 47 mm for maximum visibility.



Έμφαση στη λεπτομέρεια Attention to detail

Ιδιαίτερα χαμηλός οδηγός, για εύκολη και ασφαλή πρόσβαση από και προς το εσωτερικό του κτιρίου για παιδιά, ηλικιωμένους και άτομα με ειδικές ανάγκες. Διαθέσιμος για όλες τις τυπολογίες του συστήματος, με εξαιρετικές επιδόσεις και πρωτοποριακό τρόπο απορροής των υδάτων.

Very low and flat threshold, available in all typologies, with excellent performance and innovative water drainage. Ideal for children, the elderly and people with disabilities for easy and safe access from and into the building.



Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ελάχιστο εμφανές ύψος κατασκευής	115 mm
Ύψος οδηγού	24/48 mm
Πλάτος οδηγού	168,5 mm
Ύψος φύλλου	84/95,5 mm
Πλάτος φύλλου	70 mm
Πλάτος γάντζου	47/106 mm
Βάρος φύλλου	έως 400 Kg
Πάχος υάλωσης	έως 50 mm
Θερμομόνωση	Πολυαμίδια, ALUMIL Energy Bar, Αφρώδες μονωτικό υλικό, PVC

Επιδόσεις

Θερμοπερατότητα EN ISO 10077-2	$U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
*Για διαστάσεις 5,00 x 2,50 m και $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	

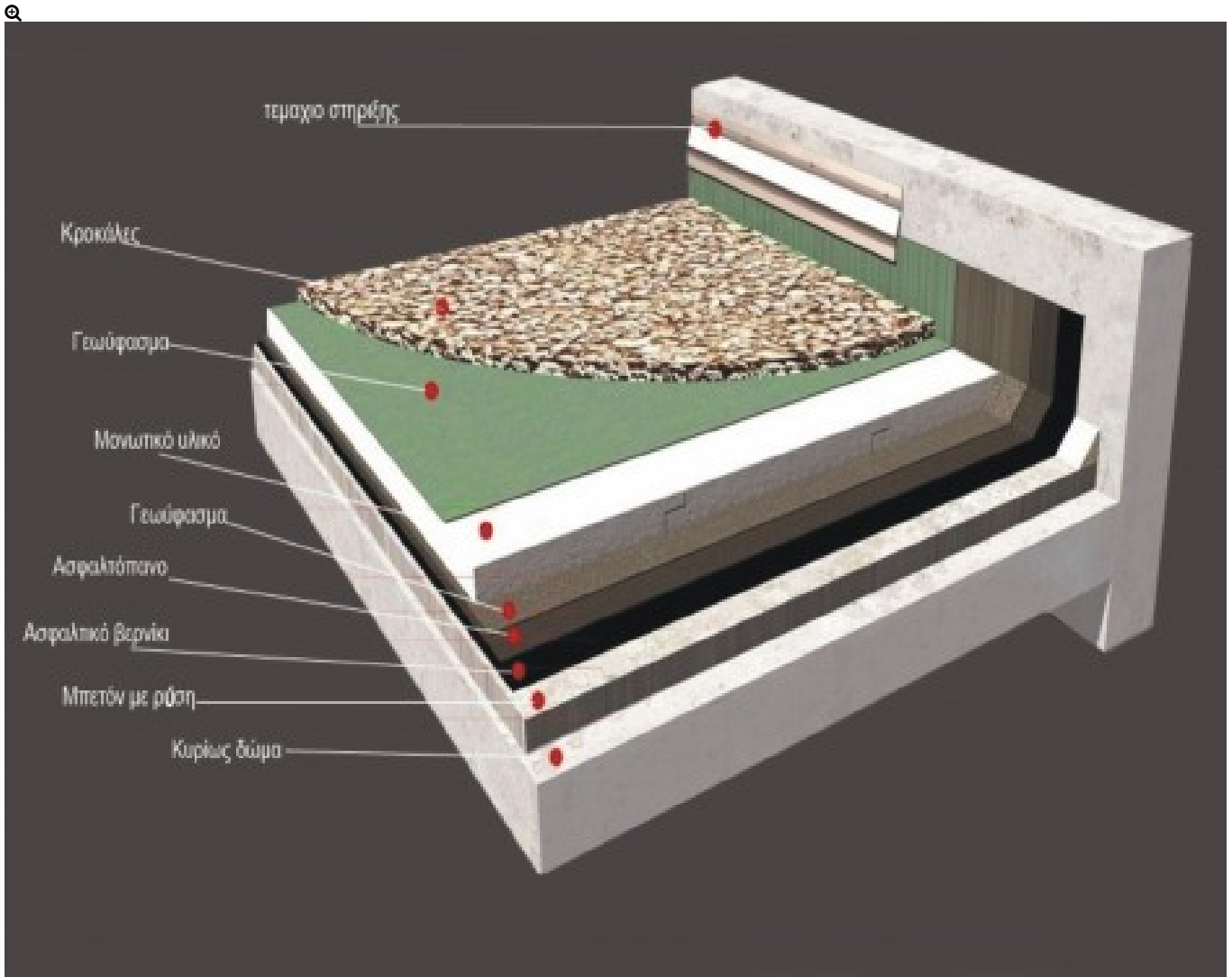
Technical characteristics

Visible aluminium face width	115 mm
Frame height	24/48 mm
Frame width	168,5 mm
Sash height	84/95,5 mm
Sash width	70 mm
Interlocking profile width	47/106 mm
Sash weight	up to 400 Kg
Glazing	up to 50 mm
Thermal insulation	Polyamides, ALUMIL Energy Bar, Insulation foam, PVC

Performance

Thermal insulation EN ISO 10077-2	$U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
*For dimensions 5,00 x 2,50 m and $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	

Ανεστραμμένη Μόνωση Ταράτσας - Μη Βατό Δώμα



Περιγραφή

Ανεστραμμένη μόνωση ταράτσας (<https://www.monoseisgoumas.gr/monosi-taratsas-anestrammeni>) με τελική επικάλυψη βότσαλο ή κροκάλα. Η ταράτσα είναι επισκεψιμη μόνο για τις απαραίτητες εργασίες συντήρησης. Μη βατό σύστημα κατάλληλο για θερμομόνωση και στεγανοποίηση ταράτσας.

Τρόπος Εφαρμογής:

- Απαιτείται πολύ καλός καθαρισμός του υποστρώματος, απομάκρυνση όλων των σαθρών τμημάτων και επισκευή αυτών.
- Εάν δεν υπάρχουν ρύσεις θα πρέπει να δημιουργηθούν με ελαφροσκυρόδεμα ώστε να μην υπάρχουν στάσιμα νερά.
- Επάλειψη τις επιφάνειες με ασφαλτικό βερνίκι Agexol Lac (βενζινόπισσα).
- Επικόλληση των ασφαλτοπάνων με φλόγιστρο. Προτείνεται Asphaldien 5 Kg ή Hermesdien 6 Kg.
- Ενίσχυση στις ενώσεις των ασφαλτοπάνων και στα δύσκολα σημεία με ασφαλτική μαστίχη ή ασφαλτοπολυουρεθανική μαστίχη Hyperdesmo PB 1K.
- Τοποθέτηση γεωφάσματος 150 gr/m².
- Τοποθέτηση μονωτικού υλικού υψηλής πυκνότητας με ελάχιστο πάχος 5 cm. Προτείνεται Dow.
- Τοποθέτηση δεύτερης στρώσης γεωφάσματος 300 gr/m².
- Τοποθέτηση βότσαλου ή κροκάλας.
- Προαιρετικά και εφόσον είναι δυνατόν, στήριξη της άκρης των ασφαλτοπάνων με ειδική λάμα.

❗ Ρωτήστε για το προϊόν ([ell/contact/1463718250](https://www.monoseisgoumas.gr/monosi-taratsas-anestrammeni))

μοιραστείτε το

Η ιστοσελίδα χρησιμοποιεί cookies. Με τη χρήση της αποδέχεστε αυτόματα την χρήση των cookies. • Πληροφορίες ([ell/infopage/12](https://www.monoseisgoumas.gr/monosi-taratsas-anestrammeni))
(<https://www.monoseisgoumas.gr/monosi-taratsas-anestrammeni>) Το κατάλογο

