



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βέλτιστη διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων.

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020



**Βέλτιστη διαστασιολόγηση
φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
σε μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων.**

**Optimum sizing of a photovoltaic unit
in a waste treatment plant.**

Πτυχιακή εργασία

ΚΟΥΡΗΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

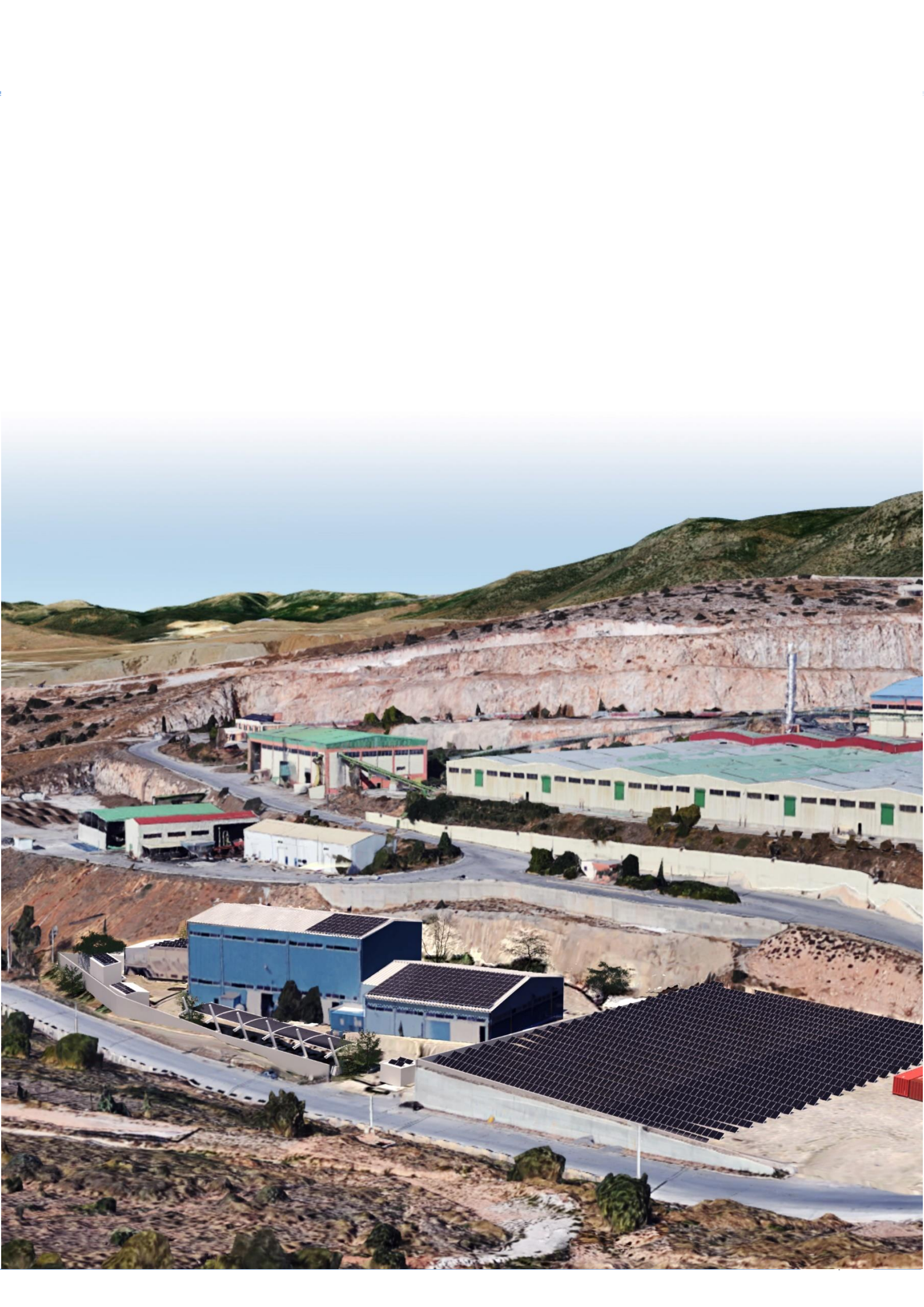
AM 41854

Επιβλέπων: Δρ. Κοσμάς Καβαδίας
Επίκουρος Καθηγητής



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

Φεβρουάριος 2020



Περίληψη

Θέμα της παρούσας μελέτης είναι η βέλτιστη διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην μονάδα επεξεργασίας νοσοκομειακών αποβλήτων (ΕΑΥΜ) της εταιρίας Αποτεφρωτήρας Α.Ε με σκοπό την μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών εντός της εγκατάστασης του Αποτεφρωτήρα. Η προαναφερθείσα μελέτη με γνώμονα τους ακόλουθους παράγοντες, όπως **τη χρήση του εκάστοτε χώρου και τις λειτουργίες** που επιτελούνται σε αυτόν καθόλη τη διάρκεια του έτους, **την τοποθεσία και τον προσανατολισμό** της μονάδας, τις τεχνολογικές κατευθύνσεις των εγχώριων ΑΠΕ, καθώς και την **κείμενη νομοθεσία**, επιτύγχανε το βέλτιστο στον τρόπο εγκατάστασης, υποβοηθώντας την απρόσκοπτη λειτουργία της μονάδας με την **αναδιαμόρφωση των χώρων εγκατάστασης**, βάσει σεναρίων λειτουργίας (βλ. χώρο στάθμευσης, φωτοβολταϊκό πάρκο, χώρο αποθήκευσης), με δεδομένο ότι, κατά το σχεδιασμό του εργοστασίου, δεν υπήρξε πρόβλεψη για τη μελλοντική χωροθέτηση φωτοβολταϊκών, ή οποιασδήποτε άλλης ΑΠΕ (διαφορετικός προσανατολισμός κτιρίων, απόκλιση από το νότο, σκιάσεις, κτλ).

Εν γένει, το βασικό κριτήριο που καθόρισε την μέθοδο διεξαγωγής αυτής της εφαρμοσμένης έρευνας ήταν **η παραγωγή της μέγιστης δυνατής ηλεκτρικής ενέργειας** από τους διαθέσιμους προς αξιοποίηση χώρους. Βέβαια το οικονομικό στοιχείο δεν παραγκωνίστηκε διόλου. Αρχικά εξετάστηκαν ενδελεχώς οι σύγχρονες επενδυτικές ενισχύσεις, όπως ο ενεργειακός συμψηφισμός –εικονικός ή μη-, η πώληση ενέργειας “με ταρίφα”, κα. Εν συνεχεία, στην προσπάθεια εξαγωγής μιας μελέτης βέλτιστης μεν (με στόχο την μέγιστη παραγωγή), οικονομικής και ρεαλιστικής δε, με διάρκεια στο χρόνο, προτάθηκε η επιλογή δοκιμασμένης και ώριμης τεχνολογίας προσδίδοντας τη δυνατότητα εφαρμογής της στο απώτερο μέλλον, όταν η εταιρία το θελήσει.

Απώτερος στόχος κατέστη ο νέος προσανατολισμός για την μονάδα με πράσινες κατευθύνσεις, σε απόλυτη σύμπνοια με τις περιβαλλοντικές επιταγές και τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

Επί της ουσίας, το θέμα της εγκατάστασης ΑΠΕ στον Αποτεφρωτήρα προέκυψε από τις αυξημένες ενεργειακές δαπάνες του, όντας μια **μονάδα θερμικής επεξεργασίας, υπερδιαστασιολογημένη, με χαμηλή ενεργειακή απόδοση**, προορισμένη να καλύψει μεγαλύτερες ανάγκες από τις υπάρχουσες. Η εν λόγω υψηλή κατανάλωση δύναται να αντισταθμιστεί με ποικίλους τρόπους, μακροπρόθεσμους ή μη, τεχνολογικούς ή και ποιοτικούς, εκ των οποίων, όσοι έχουν ήδη υλοποιηθεί, δεν οδήγησαν στα επιθυμητά αποτελέσματα. Ως μια ολοκληρωμένη λύση φαντάζει λοιπόν η αντικατάσταση της ηλεκτρικής ενέργειας με την παραγωγή της από ΑΠΕ. Το δίλλημα αιολική ή ηλιακή δεν υφίσταται, διότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε συνδυασμό με τη διαμόρφωση τους εδάφους, δεν επιτρέπουν την τοποθέτηση κάθε είδους ανεμογεννητριών.

Συνεπώς, μια επένδυση στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών καθίσταται άκρως απαραίτητη, αφού όπως αποδεικνύεται αναλυτικά στο παρόν τεύχος, κρίνεται ιδιαίτερος προσοδοφόρα, τόσο οικονομικά, όσο και υλικά και περιβαλλοντικά.



Vestas

Liapi Maria

Εισαγωγή

Αναντίρρητα στη σημερινή εποχή, μία από τις πλέον γνώριμες και μελετημένες, από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα, πληγές του πλανήτη είναι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Ανυπολόγιστες όμως είναι οι επιπτώσεις με συνέπειες την κλιματική αλλαγή, το λιώσιμο των πάγων και άλλες καταστροφικές για τον άνθρωπο και την ζωή αιτιότητες.

Η επισήμανση κι η ολοένα αυξανόμενη εμφάνιση αυτών των αλλαγών κατέστησε αδήριτη την ανάγκη οργανωμένης και δραστηκής αντιμετώπισης τους. Διεθνώς, καθιερώθηκε λοιπόν σταδιακά το περιβαλλοντικό δίκαιο, ξεκινώντας από τις χαρακτηριζόμενες ως αναπτυσσόμενες χώρες του πλανήτη. Ο τεχνολογικός τομέας δεν άργησε να προσαρμοστεί στην πορεία που επέβαλλε το εν τω λόγω δίκαιο περί προστασίας του οικοσυστήματος, βελτιώνοντας κι αναβαθμίζοντας την ήδη υπάρχουσα τεχνολογία ως προς την απόδοση και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Κορωνίδα αυτής της προσπάθειας αποτέλεσε η **ανάπτυξη αποδοτικών τεχνολογιών εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** με σκοπό τη σταδιακή αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων.

Σε εθνικό επίπεδο αξιότιμη συμβολή στην πορεία προσάρτησης στις ευρωπαϊκές επιταγές για την πράσινη ενέργεια εφαρμόζουν οι αρμόδιοι φορείς υιοθετώντας αντίστοιχες πολιτικές προώθησης (ΕΣΕΚ 2019)¹. Παρά ταύτα, **η Ελλάδα** δεν συμβαδίζει με τους ρυθμούς των υπόλοιπων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς σε τομείς, όπως **η ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας**, μειονεκτεί σημαντικά. Όπως μαρτυρούν μελέτες από το 2014, η έλλειψη ανταγωνιστικότητας της εγχώριας βιομηχανίας βασίζεται στην υψηλή τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας συγκριτικά με άλλες χώρες².

Ένεκα, κι ο Αποτεφρωτήρας ΕΑΥΜ (Επικίνδυνων Αποβλήτων Υγειονομικών Μονάδων) στον ΧΥΤΑ του Δήμου Φυλής, μια βιομηχανική μονάδα θερμικής επεξεργασίας ιδιαίτερας ενεργοβόρα, λειτουργεί υπό τη ρομφαία της αύξησης του κόστους παραγωγής εξαπίας του υψηλού κόστους του φυσικού αερίου και της ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, για να συνεχίσει και να επεκτείνει μάλιστα τις δραστηριότητες της, **η εξοικονόμηση ενέργειας καθίσταται μονόδρομος**. Είναι βέβαια μια κίνηση που απαιτεί τη συναίνεση και τη σύμπραξη κι άλλων φορέων, όπως θα ήταν για παράδειγμα, μια διμερής συμφωνία με τον πάροχο ενέργειας για μείωση της τιμής.

Η **εξοικονόμηση ενέργειας** μπορεί να υλοποιηθεί πλέον με ποικίλους τρόπους³. Συγκεκριμένα σε μια βιομηχανία μπορεί να πραγματοποιηθεί με την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιριακών μονάδων που στεγάζουν τους εργαζόμενους (μόνωση, μονάδες κλιματισμού θέρμανσης), έως και με την επιδιόρθωση ή αντικατάσταση και σωστή διαστασιολόγηση του παλιού εξοπλισμού με νέου πιο σύγχρονου.

¹ Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Νοέμβριος του 2019 Αθήνα.

² Roland Berger Study – Executive Summary, Athens, November 2014 & A European comparison of electricity and gas prices for large industrial consumers 29 March 2017 Final report 2017 update.

³ http://www.cres.gr/energy_saving/biomixania/biomixania_intro.htm



Ο ΕΜΕΛΙΟΝ ΤΗΣ
ΕΥΤΥΧΙΑΣ ΕΙΝΑΙ
Η ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ.

Είναι γεγονός πως η **διαδικασία της αποτέφρωσης επικίνδυνων αποβλήτων**, αυτή καθαυτή, συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος. Δια τούτου, η εν λόγω μονάδα παρουσιάζει κατευθύνσεις προς την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς ήδη έχει πραγματοποιήσει ενεργειακή μελέτη, εφαρμόζει πολιτικές μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας που αφορά έως και τις καθημερινές συνήθειες των εργαζομένων (σύστημα επιβράβευσης καλύτερης διαχείρισης ενέργειας). Τέλος σε τακτά χρονικά διαστήματα προβαίνει στην ανανέωση του εξοπλισμού. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει χώρος βελτίωσης στον τομέα της αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η Ευρωπαϊκή τάση θέλει την βιομηχανία -σαφώς και τις αντίστοιχες μονάδες θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων σαν τον Αποτεφρωτήρα στα Λιόσια-, να εγκαθιστούν φωτοβολταϊκά στις στέγες τους σαν έναν ακόμη τρόπο εξοικονόμησης ενέργειας. Καθώς, με την χρήση της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών, θα είναι σε θέση να καλύψει μέρος των αναγκών της, είτε άμεσα με αυτοπαραγωγή για αυτοκατανάλωση, είτε πλασματικά με την πώληση της προερχόμενης από τον ήλιο ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο, ταυτόχρονα **μειώνοντας το ενεργειακό αποτύπωμα** της. Μια τέτοια κίνηση δεν είναι μόνο θετική για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του Αποτεφρωτήρα με την μεγάλη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά ταυτόχρονα θα συμβάλλει στη βελτίωση της εικόνας του εφόσον βοηθάει να επιτευχθούν οι στόχοι του 2030 και γίνεται παράδειγμα προς μίμηση.

Η συγκεκριμένη μελέτη δίνει ηχηρή απάντηση στο πρόβλημα της υψηλής κατανάλωσης ακριβής ενέργειας, αποδεικνύοντας ποσοτικά και ποιοτικά, ότι κάτι τέτοιο είναι δυνατό επιτυγχάνοντας τη μέγιστη τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Κατόπιν τούτου, η μέθοδος που ακολουθήθηκε επινοήθηκε εξ αρχής με βάση **του υπολογισμού της μέγιστης ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί με τη χρήση φωτοβολταϊκών, εκμεταλλευομένων των διαθέσιμων χώρων της υπάρχουσας εγκατάστασης**, αφού είχε διερευνηθεί η χρήση και η μετατροπή των κατόπιν σεναρίων. Μάλιστα, τα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη για την διαμόρφωση των τελικών αποτελεσμάτων, ήταν **οικονομικά, ποιοτικά, διαχρονικά και ρεαλιστικά**, οδηγώντας στην επιλογή συγκεκριμένης τεχνολογίας, αλλά και στην κατάλληλη διαμόρφωση των χώρων. Συνεπώς, δεν υπήρξε κάποιος συγκεκριμένος οικονομικός προϋπολογισμός, η ποιότητα της κατασκευής και η εμπειρία της χρήσης φίλτραραν τις τελικές επιλογές. Διότι, κατά την συγκεκριμένη μελέτη, σκοπός ήταν η εύρεση του μέγιστου δυνατού αποτελέσματος ποσοτικά και όχι η επινοήση μιας επενδυτικής ενίσχυσης ή εφαρμογή κάποιας υπάρχουσας στην μονάδα αποτέφρωσης(γίνεται μια σύντομη αναφορά).

Εν κατακλείδι, έχοντας ως παράδειγμα εργασίας το συγκεκριμένο εργοστάσιο, παρουσιάζονται στοιχεία **για τη μονάδα, το ιστορικό, το έργο, τις εγκαταστάσεις, τα ηλεκτρομηχανολογικά, τις νέες κατευθύνσεις προς τη βιωσιμότητα και την αειφορία, με τη θεωρία να συναντά την πρακτική**, εξετάζοντας τα **διάφορα νομοθετικά πλαίσια** που αφορούν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών (περιπτώσεις: ενεργειακοί συμψηφισμοί, πώληση ενέργειας, αυτόνομα) και τη δυνατότητα εφαρμογής τους. **Συγκροτείται έτσι μια ολοκληρωμένη έρευνα ολιστικού τρόπου σκέψης -και όχι γραμμικού- γύρω από την βέλτιστη διαστασιολόγηση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.**

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Βέλτιστη διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων..... | 3 |
| Optimum sizing of a photovoltaic unit in a waste treatment plant..... | 3 |
| Περίληψη..... | 5 |
| Εισαγωγή..... | 7 |
| Μονάδα αποτέφρωσης ΕΑΥΜ..... | 13 |
| Ποιος είναι ο Αποτεφρωτήρας ΕΑΥΜ..... | 13 |
| Ιστορική αναδρομή..... | 13 |
| _Δημιουργία & Ιδιοκτησιακό καθεστώς..... | 13 |
| _Το έργο του Αποτεφρωτήρα..... | 13 |
| Εγκαταστάσεις _εξοπλισμός & διαδικασία παραγωγής..... | 13 |
| Τρωτά σημεία..... | 20 |
| Προτάσεις διευθέτησης..... | 22 |
| 'Πράσινη στροφή'..... | 24 |
| ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΡΙΣΙΜΗ Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... | 25 |
| ΓΙΑΤΙ ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ..... | 30 |
| Ολιστική θεώρηση..... | 33 |
| I. Έρευνα _Research..... | 33 |
| II. Απαιτήσεις μελέτης _Design requirements..... | 33 |
| III. Εφικτότητα _Feasibility..... | 34 |
| IV. Σύλληψη ιδέας _Conceptual Design..... | 35 |
| V. Προκαταρκτική μελέτη _Preliminary design..... | 37 |
| Τρόπος σχεδιασμού Φ/Β συστήματος..... | 40 |
| Μελέτη..... | 42 |
| Εισαγωγή..... | 43 |
| Το συγκρότημα του Αποτεφρωτήρα..... | 44 |
| Τοποθεσία & Κλιματολογικές Συνθήκες..... | 44 |
| Συντελεστές απόδοσης..... | 44 |
| Σκιάσεις..... | 47 |
| Ηλιακά δεδομένα..... | 51 |
| Κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων..... | 56 |
| Επιλογή φωτοβολταϊκού πλαισίου..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Χωροταξική διάταξη φωτοβολταϊκών | 61 |
| Τομείς..... | 61 |
| Απόσταση μεταξύ των πλαισίων | 61 |
| Αριθμός πλαισίων | 64 |
| Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας | 68 |
| Επενδυτική αξιολόγηση | 79 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ | 83 |
| Συμπερασματικά | 87 |
| Βιβλιογραφία | 89 |
| Ελληνικά συγγράμματα..... | 89 |
| Ξενόγλωσσα συγγράμματα | 89 |
| Κείμενη νομοθεσία | 90 |
| Σύνδεσμοι | 90 |

ι. Ανατολική άποψη εγκατάστασης



Μονάδα αποτέφρωσης ΕΑΥΜ

Ποιος είναι ο Αποτεφρωτής ΕΑΥΜ

Ιστορική αναδρομή

_Δημιουργία & Ιδιοκτησιακό καθεστώς

Ο Αποτεφρωτής ΕΑΥΜ (Επικίνδυνων Αποβλήτων Υγειονομικών Μονάδων) στον ΧΥΤΑ του Δήμου Φυλής είναι μία εγκατάσταση που κατασκευάστηκε από τον ΕΔΣΝΑ (Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής) με χρηματοδότηση κατά 75 % από το ΕΠΠΕΡ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον) με στόχο την διαχείριση των επικινδύνων νοσοκομειακών αποβλήτων, τα οποία μέχρι τότε, κατέληγαν στους ΧΥΤΑ (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων) μαζί με τα αστικά απόβλητα, φαινόμενο που δυστυχώς παρατηρείται ακόμα και σήμερα, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Η υπεργολαβία του Αποτεφρωτήρα έγινε από την Κοινοπραξία ANSALDO TECNITALIA S.P.A – ΕΡΓΟΚΑΤ Α.Ε–ΤΟΜΗ Α.Τ.Ε όπου και ολοκληρώθηκε το έτος 2002. Ακολούθησε μια πενταετής δοκιμαστική λειτουργία (έως το 2007) με βάση την προγραμματική σύμβαση που είχε συνάψει ο ΕΣΔΚΝΑ (Ενιαίος Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Αττικής), ο Δήμος Άνω Λιοσίων και η ΔΕΤΕΑΛΑ (Δημοτική Εταιρεία του Δήμου Άνω Λιοσίων). Ενώ με επταετή σύμβαση (έως το 2014) ανέλαβε η κοινοπραξία ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε. - ΠΑΝΤΕΧΝΙΚΗ Α.Ε. - ΑΡΣΗ Α.Ε.» , μετά από διεθνή διαγωνισμό, την μίσθωση υπηρεσιών της λειτουργίας του Αποτεφρωτήρα νοσοκομειακών απορριμμάτων. Η σύμβαση παρατάθηκε μέχρι τις 31-01-2016 δηλαδή για 2 επιπλέον έτη με απόφαση της Εκτελεστικής Επιτροπής του ΕΔΣΝΑ. Στις 2-2-2016 (Α.Π 1243) υπεγράφη τριετής σύμβαση παραχώρησης υπηρεσιών λειτουργίας-συντήρησης του Αποτεφρωτήρα (με δυνατότητα ανανέωσης για 3 χρόνια επιπλέον) μετά από διαγωνιστική διαδικασία με την «Κ/Ε ΜΙΣΘΩΣΗΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑ ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε. - ΑΡΣΗ Α.Ε.» με μηνιαίο τίμημα 105.000 ευρώ⁴.

_Το έργο του Αποτεφρωτήρα

Σήμερα, η μονάδα του Αποτεφρωτήρα με σύμβαση, έναντι μισθώματος, αξιοποιείται από την κοινοπραξία ΗΛΕΚΤΩΡ Α.Ε. - ΑΡΣΗ Α.Ε. Το κύριο έργο της κοινοπραξίας είναι η διαχείριση των αποβλήτων των υγειονομικών μονάδων, σύμφωνα με την υπουργική απόφαση Αρθμ. Οικ. 41845/1848/2017 και ΦΕΚ 3649/Β/16-10-2017⁵. Ωστόσο, η κοινοπραξία έχει επεκτείνει την δραστηριότητα της στη συλλογή και στη μεταφορά των αποβλήτων. Παράλληλα, ερευνητικά κέντρα μελετούν την εμπορική αξιοποίηση της παραγόμενης, από την καύση των απόβλητων, τέφρας, η οποία μέχρι τώρα εξάγεται στο εξωτερικό, όπου χρησιμοποιείται ή θάβεται.

Εγκαταστάσεις _εξοπλισμός & διαδικασία παραγωγής

Το συγκρότημα του Αποτεφρωτήρα στα Άνω Λιόσια/ Φυλή αποτελείται από επιμέρους μονάδες, οι οποίες στο σύνολο τους, συντελούν στην ορθή διαδικαστική και παραγωγική διαχείριση των απορριμμάτων.

⁴ Πληροφορίες αντλήθηκαν από την επίσημη ηλεκτρονική σελίδα του ΕΔΣΝΑ (Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής) www.edsna.gr .

⁵ Πηγή: Τράπεζα πληροφοριών νομοθεσίας, e-nomothesia.gr.



②

③

④

⑥

⑬

⑭

⑤

⑧

⑦

⑨

⑩

⑫

⑪

⑮

⑯



1. Μονάδα ζύγισης,
2. Μονάδα αποθήκευσης,
3. Μονάδα καύσης
4. Control room,
5. Διοίκηση,
6. Υποσταθμός ΔΕΗ,
7. Αντλιοστάσιο,
8. Δεξαμενή πυρόσβεσης,
9. Αποθήκες ανταλλακτικών,
10. Αποδυτήρια τεχνιτών,
11. Χώρος στάθμευσης,
12. Αεροσυμπιεστές,
13. Δεξαμενή πετρελαίου,
14. Αποδυτήρια εργατών,
15. Στάθμευση απορριματοφόρων,
16. Φυλάκιο,
17. Χώρος φόρτωσης-εκφόρτωσης,
18. Γήπεδο.

Οι βασικές μονάδες της εγκατάστασης θερμικής επεξεργασίας επικίνδυνων αποβλήτων υγειονομικών μονάδων είναι οι ακόλουθες⁶:

1. Μονάδα ζύγισης

Στην είσοδο του συγκροτήματος υπάρχει ο χώρος του **φυλακίου** (εμβαδό δώματος 24 τ.μ), στον οποίο πραγματοποιείται ο έλεγχος των εισερχόμενων οχημάτων. Αντικριστά, έχει τοποθετηθεί η **ηλεκτρονική γεφυροπλάστιγγα**, η οποία είναι απαραίτητη για την μέτρηση του φορτίου των οχημάτων που εισέρχονται με τα απόβλητα από τις υγειονομικές μονάδες. Τα συγκεκριμένα οχήματα, κατά την διέλευση προς την γεφυροπλάστιγγα, περνούν από ειδική **πύλη**, όπου διενεργείται μέτρηση ραδιενέργειας για τυχών ισότοπα που χρησιμοποιούνται στην ιατρική όπως ιώδιο (I-131), κοβάλτιο (Co-60), Σαμάριο (Sm) κ.α.

2. Χώρος προσωρινής αποθήκευσης

Ο χώρος αποθήκευσης της εγκατάστασης αποτελείται από έξι **ψυκτικούς θαλάμους**-κοντέινερ με ταινιόδρομους για την αυτοματοποίηση της μεταφοράς των απορριμμάτων εντός του κλιβάνου. Η ψύξη των θαλάμων διατηρείται σε θερμοκρασία <5°C στο εσωτερικό τους, όπως προβλέπεται από τους ισχύοντες κανονισμούς που ρυθμίζουν τις συνθήκες αποθήκευσης των ΕΑΥΜ⁷.

Η κατασκευή του εν λόγω χώρου πραγματοποιήθηκε κατά τα συνήθη πρότυπα των βιομηχανικών μονάδων. Εν συντομία, χρησιμοποιήθηκε μια σύμμικτη κατασκευή αποτελούμενη περιμετρικά από υποστυλώματα οπλισμένου σκυροδέματος, ορθογωνικής διατομής (περ. 0,5 x 0,5μ και 0,5 x 1μ), τα οποία επιστέφονται από δοκάρια, κατασκευασμένο επίσης από οπλισμένο σκυρόδεμα διατομής (περ. 0,5 x 0,5μ). Ο φέρων οργανισμός συμπληρώνεται από ένα δευτερεύων μεταλλικό σκελετό, πάνω στον οποίο, στερεώνονται τα ελαφριά πετάσματα (θερμομονωτικά πάνελ) του κελύφους από το ύψος της χαμηλής μπετονένιας ποδιάς που περιτριγυρίζει το χώρο (εκτός από τις θέσεις των θυρών εισόδου) κι άνωθεν.

3. Μονάδα καύσης

Πανομοιότυπη κατασκευή εφαρμόζεται και στη μονάδα καύσης, με τη διαφορά ότι τα υποστυλώματα σε αυτή την περίπτωση έχουν διπλάσιο ύψος (περ. 18μ.). Εν προκειμένω, κατασκευάζονται δυο οριζόντιοι δοκοί, μια στην ίδια στάθμη με εκείνη του χώρου αποθήκευσης και μια δεύτερη στην άνω απόληξη των υποστυλωμάτων. Μεταξύ των δυο όμορων κτισμάτων δημιουργείται σεισμικός αρμός ικανού πλάτους. Όσον αφορά τη στέγη, ακολουθείται επίσης όμοια λογική κατασκευής. Πάνω στην ανώτερη, οριζόντια δοκό του καθενός χώρου (στις θέσεις των υποστυλωμάτων), τοποθετούνται επίπεδα δικτυώματα (ζευκτά) συντιθέμενα από το άνω και το κάτω πέλμα, τα οποία, συνδέονται μεταξύ τους, διαμέσου ορθοστατών και διαγώνιων ράβδων. Η κλίση των ζευκτών διαμορφώθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις βροχοπτώσεις, το άνοιγμα, τη χρήση και το υλικό επικάλυψης. Έπονται οι τεγίδες της στέγης, όπου στερεώνεται και η τελική επικάλυψη αυτής, αποτελούμενη από αυλακωτά ελάσματα (τσίγκο)⁸.

⁶ ΜΠΣ δημόσια υγεία **διπλωματική** εργασία διαχείριση επικίνδυνων ιατρικών αποβλήτων υγειονομικών μονάδων – σκοπιμότητα κι εκτίμηση κινδύνου για τη δημιουργία μονάδας αποτέφρωσης στη δυτική Ελλάδα Γεωργία Παπουτσή Μιχάλης Λεοτσινίδης επιβλέπων.

Στοιχεία αντλήθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα του ΕΔΣΝΑ, EDSNA.GR .

⁷ Βλ. προηγούμενη σημείωση: Υπουργική απόφαση Αρθ. Οικ. 41845/1848/2017 και ΦΕΚ 3649/Β/16-10-2017.

⁸ Επιψευδαργυρωμένα ελασμάτα σιδήρου (γαλβανισμένη λαμαρίνα).

Ο χώρος της μονάδας καύσης αποτελεί εν γένει την καρδιά του ΕΑΥΜ, καθώς στεγάζει των κύριο μηχανολογικό εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για την διαχείριση των αποβλήτων.

Η μονάδα καύσης αποτελείται από ορισμένα μηχανολογικά τμήματα που έχουν ξεκάθαρη και διαφορετική λειτουργία στην παραγωγική διαδικασία. Κατανέμονται ως εξής:

i. Τροφοδοσία κλιβάνων: Η τροφοδοσία των κλιβάνων πραγματοποιείται με έναν συνδυασμό εγκάρσιων και διαμηκών κινητών εξεδρών, οι οποίες παραλαμβάνουν τα ειδικά κιβώτια με τα απόβλητα από τους ψυκτικούς θαλάμους και τροφοδοτούν τις χοάνες των κλιβάνων. Η τελική ώθηση των αποβλήτων από τις χοάνες στην είσοδο του κλιβάνου (γκιλοτίνα) γίνεται με έμβολα λαδιού διπλής ενέργειας. Για τα απορρίμματα που δεν μπορούν να μεταφερθούν στις χοάνες των κλιβάνων από τους ταινιόδρομους η μεταφορά είναι εφικτή από ελαιοδυναμικά αναβατόρια.



ii. Το εσωτερικό της μονάδας καύσης.

ii. Θάλαμος καύσης – μετάκαυσης. Ο περιστροφικός κλίβανος αποτελείται από την κεφαλή και τον κύλινδρο καύσης, ο οποίος είναι τοποθετημένος με κεκλιμένο τον άξονά του κατά 2,5° ως προς την οριζόντιο για να επιτρέψει στα απορρίμματα να κατέρχονται προς το θάλαμο τέφρας. Η δυναμικότητα του κλιβάνου είναι 2.000.000kcal/h. Σημειώνεται πως, έως του παρόντος, τόσο για την έναυση, όσο και για τη διατήρηση των επιθυμητών θερμοκρασιών, χρησιμοποιούνται συμβατικά καύσιμα (φυσικό αέριο ή πετρέλαιο).

Με σκοπό την ολοκλήρωση της καύσης και επομένως τη θερμοκαταστροφή όλων των οργανικών συστατικών που περιέχονται στα καυσαέρια, ιδιαίτερα δε των χλωριούχων οργανικών ουσιών και ρύπων (διοξίνες και φουράνες), στο συγκρότημα τοποθετείται και θάλαμος μετάκαυσης. Επί του πρακτέος, η συνήθης θερμοκρασία μετάκαυσης φτάνει τους 1.150°C.

Τουναντίον, στον ΕΑΥΜ, τα καυσαέρια, μετά τη τελευταία διοχέτευση αέρα, παραμένουν σε θερμοκρασίες άνω των 1.100°C για πάνω από 2s.

Η διατήρηση αυτών των επιθυμητών θερμοκρασιών επιτυγχάνεται με την καύση συμβατικών καυσίμων (φυσικού αερίου ή πετρελαίου) και τη χρήση εφεδρικού καυστήρα, ο οποίος τίθεται αυτόματα σε λειτουργία μόλις η θερμοκρασία των καυσαερίων, μετά την τελευταία διοχέτευση αέρα καύσης, σημειώσει θερμοκρασίες κάτω των 1.100°C. Η λειτουργία του καυστήρα ενδείκνυται επίσης στις φάσεις της εκκίνησης και της διακοπής της λειτουργίας για να εξασφαλίζεται η διατήρηση των εν λόγω θερμοκρασιών σε όλη τη διάρκεια των ανωτέρω φάσεων και για όσο χρόνο υπάρχουν ακόμη στο θάλαμο καύσης άκαυτα απόβλητα.

- iii. Τμήμα ψύξης καυσαερίων. Το τμήμα ψύξης καυσαερίων αποτελείται από εναλλάκτη αέρα και πύργο ψύξης νερού, αποσκοπεί δε στην ταχεία μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, προκειμένου να αποτραπεί η επαναδημιουργία διοξινών, καθώς επίσης και τη ρύθμιση της θερμοκρασίας εισόδου στο τμήμα επεξεργασίας καυσαερίων.
- iv. Τμήμα επεξεργασίας & τελικού καθαρισμού των καυσαερίων. Το τμήμα επεξεργασίας & τελικού καθαρισμού των καυσαερίων αποτελείται από τον αντιδραστήρα, το σακκόφιλτρο, τα συστήματα δοσομέτρησης ενεργού άνθρακα και ξηρής υδρασβέστου, τον ανεμιστήρα απόρριψης και τον πύργο πλύσης. Ο αντιδραστήρας είναι ξηρού τύπου και χρησιμοποιείται για την ανάμειξη των καυσαερίων με τα χημικά αντιδρώντα. Το σακκόφιλτρο αποτελεί το θεμελιώδες εξάρτημα εξουδετέρωσης των ρύπων, όπου γίνεται κατακράτηση του μεγαλύτερου μέρους της τέφρας, ακόμη και με την πλέον μικροσκοπική κοκκομετρία, και ολοκληρώνονται οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στον αντιδραστήρα. Ο ανεμιστήρας απόρριψης χρησιμοποιείται για την αναρρόφηση των καυσαερίων από όλα τα ανάντη υποσυστήματα, την προώθησή τους διαμέσου του πύργου πλύσης στην καπνοδόχο και την απόρριψή τους στην ατμόσφαιρα. Ο πύργος πλύσης αποσκοπεί στην περαιτέρω μείωση των όξινων ρύπων.
- v. Τμήμα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Από την παραγωγική διαδικασία (πλύση δαπέδων, εξολκέας της τέφρας όπου εμβαπτίζεται η καθιζάνουσα τέφρα του κλιβάνου πριν την απομάκρυνσή της, κλπ), παράγονται υγρά απόβλητα. Επειδή κρίνεται απαραίτητη η επεξεργασία τους, για τον λόγο αυτό, τα υγρά απόβλητα διοχετεύονται, μέσω καναλιών και υποβρύχιων φρεατίων συλλογής με αντλία, σε πολυεστερική δεξαμενή. Στην συνέχεια τα υγρά απόβλητα οδηγούνται στον εξαμιστή από όπου προκύπτει αποσταγμένο νερό, ενώ το στερεό υπόλειμμα συλλέγεται σε big-bags και οδηγείται για επεξεργασία και τελική διάθεση μαζί με την ιπτάμενη τέφρα.
- vi. Καμινάδα. Η λειτουργία της καπνοδόχου είναι να απορρίπτει τα καυσαέρια που προέρχονται από το σύστημα σε ικανοποιητικό ύψος (20 m) και με ταχύτητα περίπου 16m/s. Για τη διασφάλιση της βέλτιστης αυτής λειτουργίας, η καπνοδόχος είναι θερμικά μονωμένη.
- vii. Τμήμα συλλογής και αποθήκευσης τέφρας. Στο δάπεδο του θαλάμου τέφρας ένα άνοιγμα επιτρέπει την πτώση της καθιζάνουσας τέφρας σε υδατολεκάνη, που διαθέτει μεταφορέα εκκένωσης με ξέστρες, για την σταδιακή απομάκρυνσή της σε πιστοποιημένες UN συσκευασίες big-bags. Σε υδατολεκάνη καταλήγουν επίσης και οι τυχόν επικαθίσεις καθιζάνουσας τέφρας από τον πυθμένα του εναλλάκτη και του πύργου ψύξης, μέσω της οποίας συλλέγονται ξανά σε πιστοποιημένες UN συσκευασίες big-bags. Η ιπτάμενη τέφρα που προέρχεται από τον πυθμένα του σακκόφιλτρου εξάγεται αυτόματα και συλλέγεται ξεχωριστά σε πιστοποιημένες UN συσκευασίες big-bags.
- viii. Καμπίνα ανάλυσης αερίων εκπομπών. Το σύστημα παρακολούθησης στην έξοδο της εγκατάστασης μετρά τις τιμές των ρυπογόνων ουσιών μετά το σύστημα επεξεργασίας των καυσαερίων. Είναι τύπου hot – wet.



iii. Ανέγερση του χώρου καύσης. Η εικόνα προέρχεται από την επίσημη ιστοσελίδα του ΕΑΥΜ.

4. Αίθουσα ελέγχου.

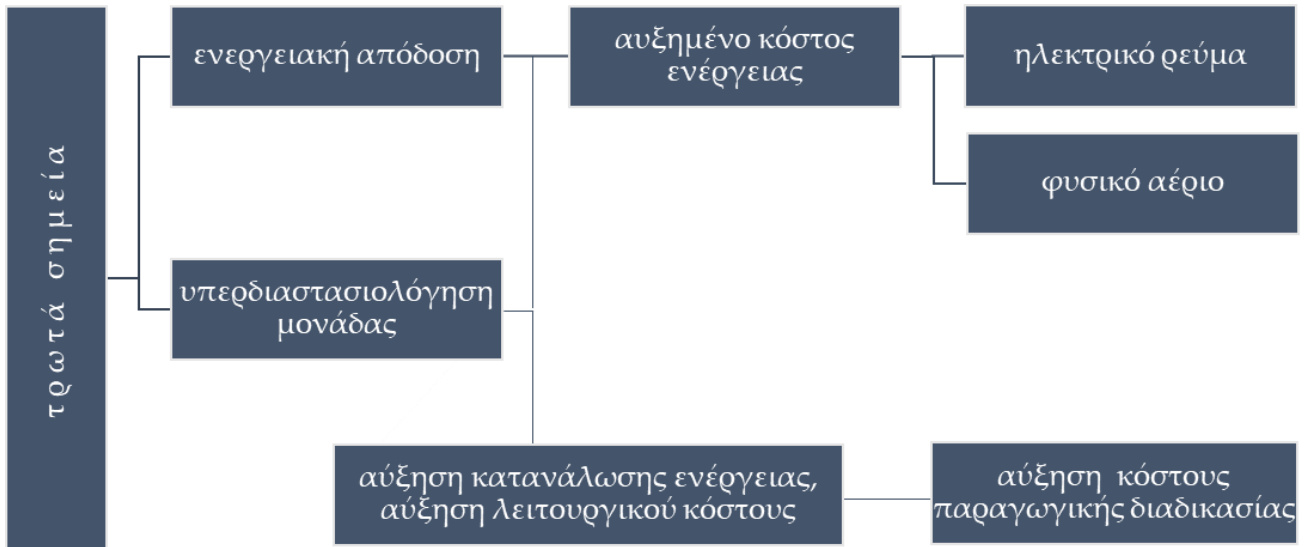
Η εγκατάσταση είναι πλήρως αυτοματοποιημένη έχει τη δυνατότητα όμως να λειτουργεί και χειροκίνητα επιτρέποντας εργασίες συντήρησης.

Τα χειριστήρια του ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου είναι τοποθετημένα στην αίθουσα ελέγχου από όπου γίνεται και η επίβλεψη της εγκατάστασης. Ο χειριστής έχει άμεση οπτική επαφή με το χώρο αποτέφρωσης.

5. Κτίριο διοίκησης και βοηθητικές εγκαταστάσεις.

Εκτός από το κτίριο διοίκησης στην εγκατάσταση υπάρχουν ακόμα, μηχανουργείο, συνεργείο, αποθήκες, υποσταθμός της ΔΕΗ, δεξαμενή αποθήκευσης νερού βιομηχανικής χρήσης και μόνιμο πυροσβεστικό συγκρότημα.

Τρωτά σημεία



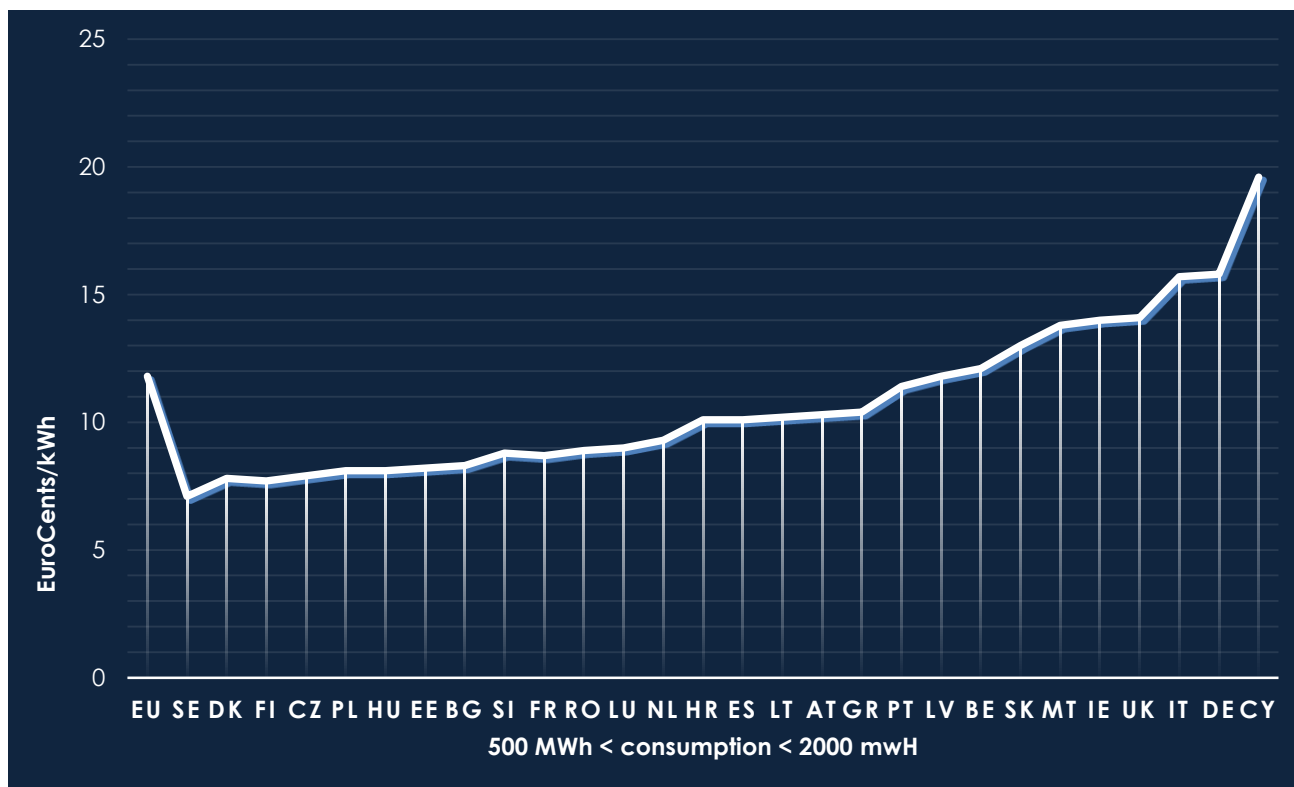
Ο Αποτέφρωση στα Λιόσια παρουσιάζει μεγάλες καταναλώσεις ενέργειας, όντας μια μονάδα θερμικής επεξεργασίας αποβλήτων, με τις αυξημένες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας και του φυσικού αερίου να είναι ευθέως ανάλογες του τελικού κόστους της διαχείρισης ενός κιλού ΕΑΥΜ. Δηλαδή το υψηλό κόστος ενέργειας προκαλεί τη **μικρή ενεργειακή αποδοτικότητα** της μονάδας. Κατάσταση οικεία για την εγχώρια βιομηχανία.

Ειδικότερα, στην Ελλάδα, βάσει των διαγραμμάτων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η μέση τιμή του φυσικού αερίου έπεσε πλέον στα 26 €/MWh, ενώ της ηλεκτρικής ενέργειας 68 €/MWh⁹, αρκετά υψηλότερες δηλαδή από τις υπόλοιπες ανταγωνιστικές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στον Αποτεφρωτήρα αξίζει να ειπωθεί ότι η κατανάλωση φυσικού αερίου είναι αρκετά μεγαλύτερη από εκείνη της ηλεκτρικής ενέργειας¹⁰. Εύλογο θα ήταν λοιπόν κάποιος να αναζητήσει μια εναλλακτική έναντι του φυσικού αερίου -λχ διμερής συμφωνία, αντικατάσταση καυσίμου, κα-, το οποίο, αν και παρουσιάζεται ως μια πράσινη μορφή ενέργειας, ωστόσο είναι επίσης ένα ορυκτό καύσιμο μη ανανεώσιμο. Αντιστάθμισμα στα παραπάνω θα ήταν η χρήση του καυσίμου μεθανίου από παροχή του ΧΥΤΑ, διαδικασία που ήδη προβλέπεται από τη νομοθεσία¹¹.

⁹ Οι τιμές αντλήθηκαν από χάρτες και γραφικά της Eurostat, DG ENER.

¹⁰ Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο κλίβανος στη μονάδα αποτέφρωσης χρησιμοποιεί φυσικό αέριο για την έναυση και τη διατήρηση της καύσης των αποβλήτων. Εξού και η μεγαλύτερη κατανάλωση αερίου σε kWh από ότι ρεύματος.

¹¹ Υπουργική Απόφαση οικ.11535/1993 - ΦΕΚ Α-328/6-5-1993



iv. Τιμές ηλεκτρικού, βιομηχανικού ρεύματος το μήνα Μάρτιο του 2019 (χωρίς ΦΠΑ και πρόσθετους φόρους).

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τα δεδομένα του ΕΔΣΝΑ κι άλλες πηγές - αναφορές¹², ο Αποτεφρωτήρας, ένα εργοστάσιο πρότυπο για τότε, κατασκευάστηκε το 2002 με δυναμικότητα επεξεργασίας 30 τόνων αποβλήτων ημερησίως, ενώ πλέον αποτεφρώνει έως και 12 τόνους. Ως εκ τούτου, η μονάδα υπολειπόμενη με ιδιαίτερως **χαμηλή απόδοση λόγω της υπερδιαστασιολόγησης**.

Αυτό φυσικά έχει αντίκτυπο στο κόστος διαχείρισης ενός κιλού ΕΑΥΜ.

¹² ΓΕΩΡΓΙΑ ΠΑΠΟΥΤΣΗ, Διπλωματική εργασία: "Διαχείριση επικίνδυνων ιατρικών αποβλήτων υγειονομικών μονάδων – σκοπιμότητα κι εκτίμηση κίνδυνου για τη δημιουργία μονάδας αποτέφρωσης στη Δυτική Ελλάδα".

Προτάσεις διευθέτησης

Συνοψίζοντας, φαντάζει αναγκαία η **αύξηση της ανταγωνιστικότητας** της μονάδας, ώστε να έχει μια βιώσιμη πορεία στην Ελληνική αγορά. Εφόσον, εκ των πραγμάτων, η υπερδιαστασιολόγηση είναι ένα απόστημα που δεν μπορεί να ιαθεί, δύναται να εκμεταλλευτεί προς το καλύτερο, καλύπτοντας ένα ευρύτερο φάσμα αναγκών. Συγκεκριμένα, εκτός από τις ενέργειες μάρκετινγκ προσελκύσεως περισσότερων πελατών¹³, στην περίπτωση του Αποτεφρωτήρα, προσέλκυση περισσότερων Υγειονομικών Μονάδων (ΥΜ) που στέλνουν τα απόβλητά τους προς αποτέφρωση, μια βιώσιμη κατεύθυνση θα ήταν η καύση μεγαλύτερης γκάμας στερεών και υγρών αποβλήτων, με άλλα λόγια η εύρεση περισσότερων κωδικών ΕΚΑ¹⁴.

Αναμφίβολα και σε αυτή την ιδανική κατάσταση λειτουργίας που θα προέκυπται αν υιοθετούνταν τα προαναφερθέντα, θα ήταν και πάλι υπερμεγέθης η ενέργεια που θα καταναλώνε ο Αποτεφρωτήρας. Κατά συνέπεια, αναπόφευκτη είναι η ανάγκη μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας.

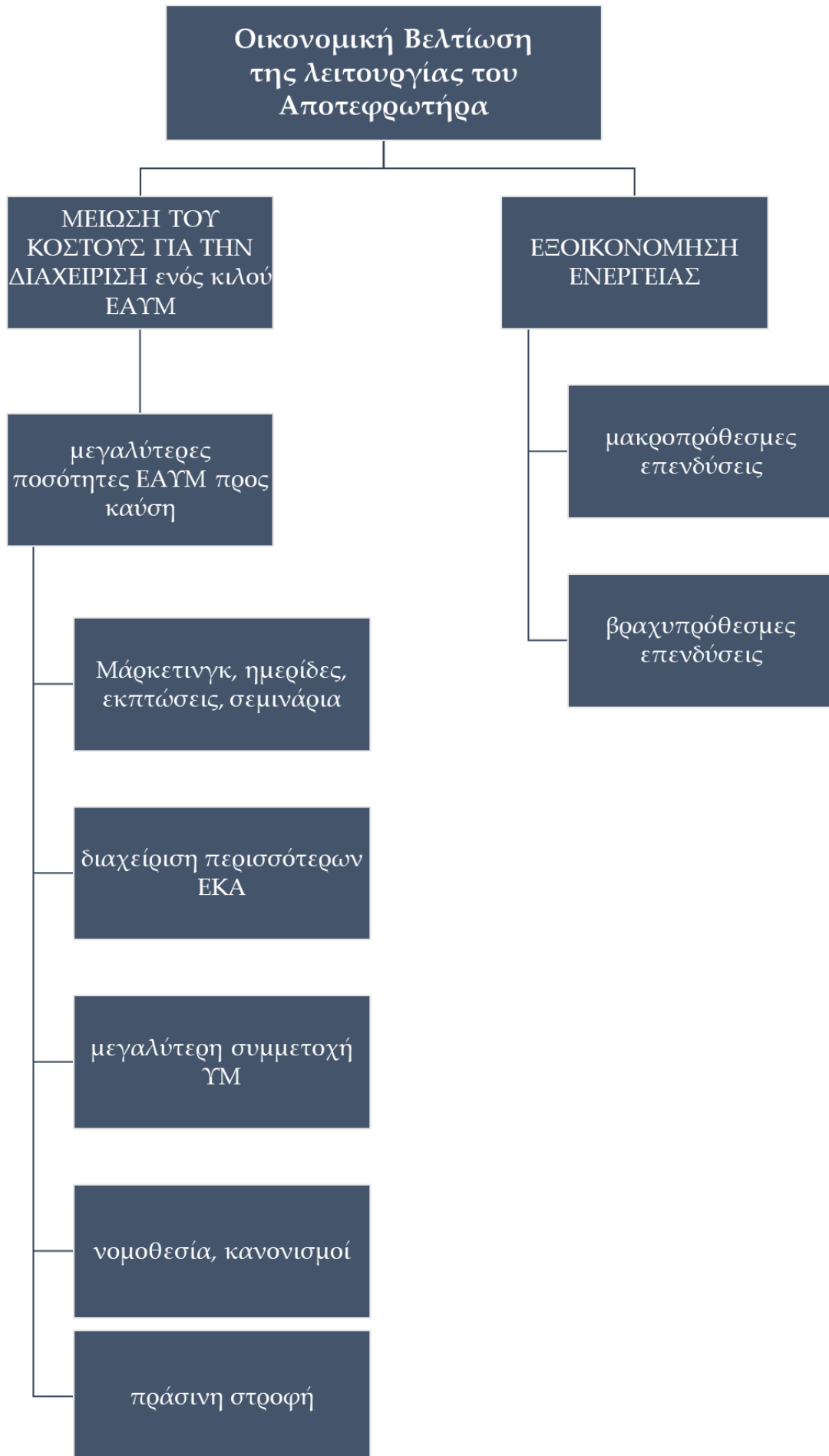
Δια τούτου προσφέρονται ποικίλοι τρόποι, εκ των οποίων κάποιοι θα έχουν και πολύ άμεσα αποτελέσματα. Παραδείγματος χάριν, η αντικατάσταση λαμπτήρων με νέας τεχνολογίας led, η αντικατάσταση και η συντήρηση του εξοπλισμού, η διόρθωση συντελεστή ισχύος (cosφ) κι η εγκατάσταση φίλτρων αποκοπής αρμονικών¹⁵ μπορούν να επιφέρουν σε σύντομο χρονικό διάστημα και με διαχειρίσιμο κόστος σημαντική αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιριακών μονάδων κι αντίστοιχη μείωση στην κατανάλωση ενέργειας.

Τα τελευταία έτη η διοίκηση της μονάδας προέβει στην υιοθέτηση ορισμένων μέτρων που επέφεραν αποτελέσματα μεν, περιορισμένης ισχύος δε. Μολαταύτα, η ριζική αντιμετώπιση του προβλήματος της υπερκατανάλωσης έγκειται σε μακροπρόθεσμες επενδύσεις, προσανατολιζόμενες στην **εγκατάσταση συστήματος εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ίδια κατανάλωση**.

¹³ Τέτοιες ενέργειες θα μπορούσαν να είναι ημερίδες, ενημερωτικά σεμινάρια, διαφήμιση, κα.

¹⁴ Επιπλέον κωδικοί ΕΚΑ (ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ).

¹⁵ Πληροφορίες αντλήθηκαν από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ), τον εθνικό φορέα για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (ΟΧΕ) και την Εξοικονόμηση Ενέργειας (ΕΞΕ).



“Πράσινη στροφή”

_Εξοικονόμηση

Ήδη από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα, στον επιστημονικό κλάδο παρουσιάστηκαν οι πρώτες σοβαρές ανησυχίες για την κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος¹⁶, όταν το ανθρωπογενές, από την βιομηχανική επανάσταση κι έπειτα, άρχισε να προκαλεί ανεπανόρθωτες βλάβες. Εξού και λίγες δεκαετίες αργότερα, έκανε την εμφάνιση του το λεγόμενο **περιβαλλοντικό δικαίο** με τις πρώτες διεθνείς περιβαλλοντικές συμβάσεις, οι οποίες σταδιακά προσαρμόστηκαν στα υπάρχοντα, κάθε στιγμή, επιστημονικά δεδομένα διαφοροποιούμενες ωστόσο, ανάλογα με τις δυνατότητες του κάθε κράτους να τις εφαρμόσει, κυρίως μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών.

Η Ευρώπη φιλοδοξεί να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος, υποκινούμενη από τις τρομακτικές συνέπειες της απραξίας στον τομέα της κλιματικής αλλαγής όπως:

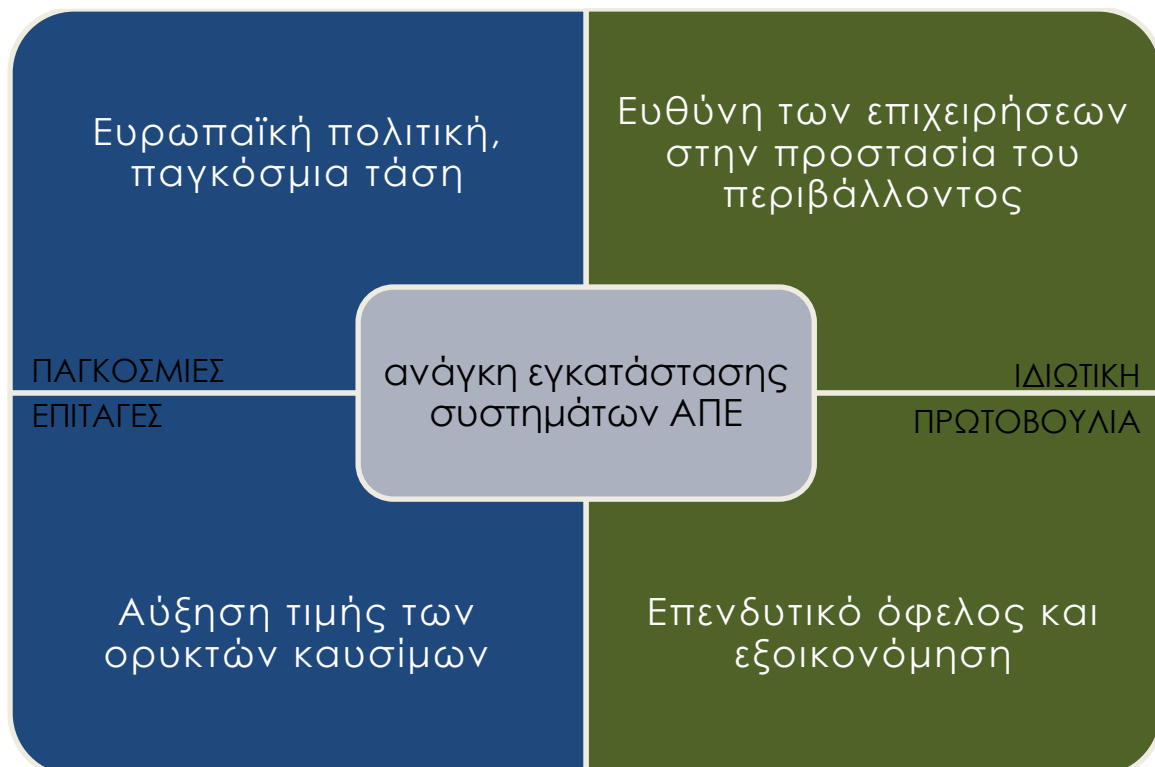
- **η μόλυνση**, με 400.000 πρόωρους θανάτους το χρόνο, εξαιτίας του μολυσμένου αέρα,
- **η ξηρασία**,
 - _90.000 ετήσιοι θάνατοι σαν αποτέλεσμα του καύσωνα,
 - _660.000 νέες αιτήσεις για άσυλο κάθε χρόνο σε χώρες της ΕΕ, μετά την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 5 °C,
 - _16% εξαφάνιση ειδών της άγριας ζωής που βρίσκονται σε κίνδυνο, μετά την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4,3 °C,
- **το υγρό στοιχείο και οι πλημμύρες**,
 - _40% λιγότερο διαθέσιμο νερό στις νότιες περιοχές της ΕΕ,
 - _1,5 εκατομμύριο άνθρωποι είναι εκτεθειμένοι σε πλημμύρες ποταμών,
 - _ετησίως 2,2 εκατομμύρια άνθρωποι είναι εκτεθειμένοι σε θαλάσσιες πλημμύρες παράκτιων περιοχών,
- **οικονομικές επιπτώσεις**
 - _190 δισεκατομμύρια οικονομική ζημία το χρόνο με την αύξηση του μέσου όρου της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 3 °C,
 - _παγκοσμίως, ο αριθμός των ανθρώπων που αντιμετωπίζει τον κίνδυνο εκδίωξης από τα σπίτια τους, εξαιτίας πλημμυρών ποταμών, επρόκειτο να αυξηθεί στα 50 εκατομμύρια το χρόνο,
 - _η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση, κατά 20%, της τροφής έως το 2050,
 - _το οικονομικό κόστος της θνησιμότητας που σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας υπολογίζεται σε περισσότερα από 40 δισεκατομμύρια το χρόνο.

¹⁶ Rachel Carson, “ Silent Spring”, Houghton Mifflin, September 27, 1962.

Ένεκα των προαναφερθέντων, η διεθνής κι η Ευρωπαϊκή πολιτική προσπαθεί με ποικίλους τρόπους να ωθήσει τους ενεργοβόρους τομείς, όπως είναι η βιομηχανία, σε πιο φιλικές, προς στο περιβάλλον, κατευθύνσεις. Φυσικά, αυτό είναι κάτι που εφαρμόζεται στην πράξη, μόνο όταν συμβαδίζει με την κερδοφορία και την αειφορία, αφού γίνεται αναφορά κατ' ουσία στον ιδιωτικό τομέα. Ταυτόχρονα η εν λόγω πολιτική απωθεί τις βιομηχανίες από περιβαλλοντικά "παραπτώματα" επιβάλλοντας πρόστιμα και διενεργώντας τακτικούς κι αυστηρούς ελέγχους.

Πολύ πρόσφατα, μόλις το Δεκέμβριο του 2019, συντάχθηκε η λεγόμενη οδηγία "green deal", στην οποία ξεκαθαρίζονται οι φόβοι και οι στόχοι της Κοινότητας. Η χώρα μας φυσικά τω λόγω, προφανώς κι οφείλει να προσαρμοστεί στην παραπάνω οδηγία. Η στροφή στην πράσινη μορφή ενέργειας, καθώς και η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων καθίσταται πλέον μονόδρομος.

ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΚΡΙΣΙΜΗ Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Ευρωπαϊκή πολιτική & παγκόσμια τάση

Όπως ειπώθηκε προηγουμένως, η Ελλάδα, ως μέλος της ΕΕ, λαμβάνει μέρος στην υλοποίηση της περιβαλλοντικής στρατηγικής (green deal), συνεπώς διαχειρίζεται χρηματοδοτήσεις με επωφελομένους τα πανεπιστήμια, τις επιχειρήσεις, τις ΜΚΟ (Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις), κα. με σκοπό την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία και τη διαχείριση των φυσικών πόρων. Το Υπουργείο Ενέργειας ¹⁷ έχει ήδη θέσει στόχους για το 2030 που μέσα σε αυτούς συγκαταλέγεται και η εγκατάσταση περισσότερων ποσοτικά ΑΠΕ σε μια προσπάθεια αντικατάστασης του ενεργειακού μίγματος. Αναλυτικότερα, οι βλέψεις του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) για το 2030 είναι η συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στα 35% όπως και συμμετοχή των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο ποσοστό των 60%.

| ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΕΡΙΔΙΩΝ ΑΠΕ | 2020 | 2022 | 2025 | 2027 | 2030 |
|--|------|------|------|------|------|
| Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%] | 19,7 | 23,4 | 27,1 | 29,6 | 35,0 |
| Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%] | 30,6 | 33,8 | 36,8 | 38,3 | 42,5 |
| Μερίδιο ΑΠΕ στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού [%] | 29,2 | 38,6 | 46,8 | 52,9 | 61,0 |
| Μερίδιο ΑΠΕ στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%] | 6,6 | 7,3 | 10,1 | 11,7 | 19,0 |

Πίνακας 1. Εξέλιξη μεριδίων ΑΠΕ ανά στόχο και τομέα μέχρι το έτος 2030.

| ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΡΟΟΔΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΜΕΡΙΔΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΟΥ ΣΤΟΧΟΥ ΤΟΥ 2030 | 2022 | 2025 | 2027 | 2030 |
|---|------|------|------|------|
| στην Ακαθάριστη Τελική Κατανάλωση Ενέργειας [%] | 31,8 | 53,6 | 68,5 | 100 |
| στην Τελική Κατανάλωση για Θέρμανση και Ψύξη [%] | 27,0 | 52,3 | 64,5 | 100 |
| στην Ακαθάριστη Κατανάλωση Ηλεκτρισμού [%] | 29,6 | 55,4 | 74,6 | 100 |
| στην Τελική Κατανάλωση για Μεταφορές [%] | 5,6 | 28,3 | 41,3 | 100 |

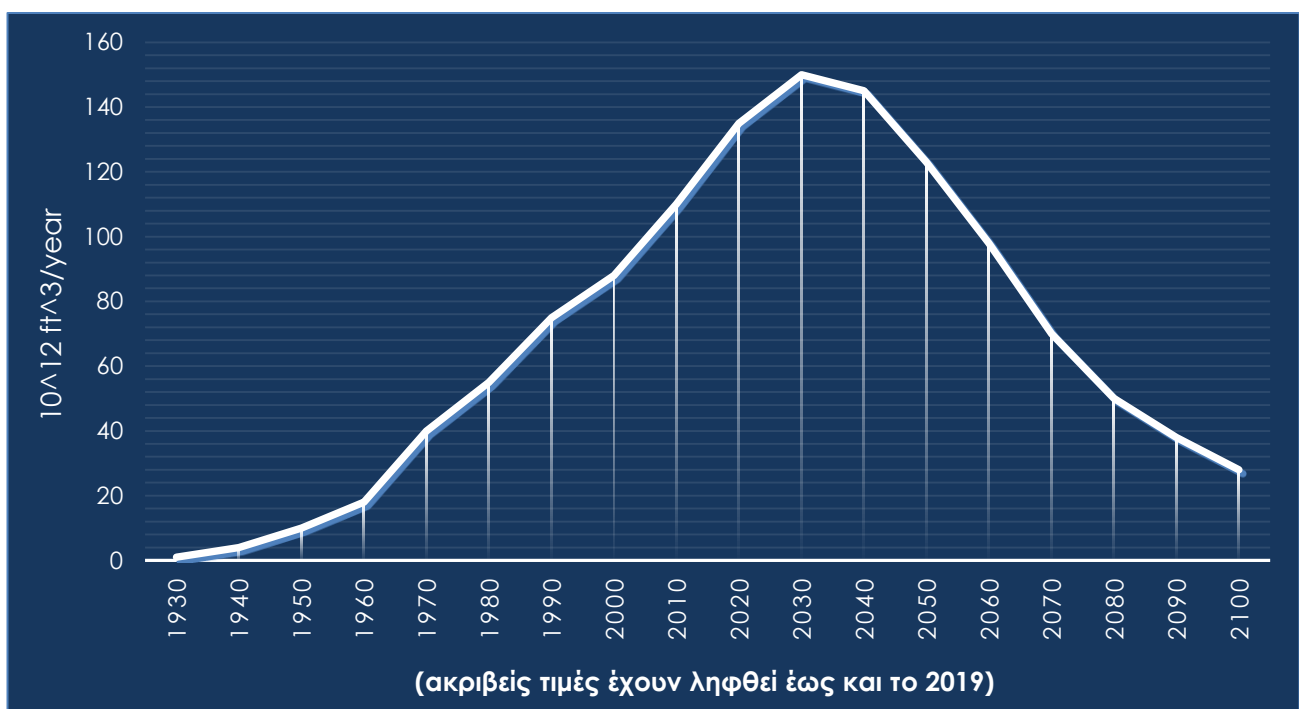
2. Εξέλιξη της προόδου ως προς το μερίδιο συμμετοχής των ΑΠΕ ανά τομέα μέχρι το έτος 2030.

¹⁷ Πηγή: ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ, "Πλαίσιο για τις πολιτικές που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια με χρονικό ορίζοντα το έτος 2030", Βρυξέλλες, 27.3.2013.

Αύξηση τιμής ορυκτών καυσίμων

Σε γενικές γραμμές γίνονται προσπάθειες για την αύξηση της τελικής κατανάλωσης του φυσικού αερίου που, όπως λέγεται, είναι η γέφυρα ανάμεσα στα ορυκτά καύσιμα και τους ανανεώσιμους πόρους, αφού συγκριτικά με τα δεύτερα, είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον, εκλύοντας, κατά την καύση του, μικρότερες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου.

Η χρήση του φυσικού αερίου δεν θα περιοριστεί μονομερώς, καθώς μπορεί να καλύψει μια ευρεία γκάμα αναγκών, από την αντικατάσταση της λιγνιτικής πρωτογενούς ενέργειας σε θερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μέχρι και την αναπλήρωση των πετρελαϊκών προϊόντων στα σπίτια, στις επιχειρήσεις και στις βιομηχανίες.



3. Παγκόσμια εξόρυξη φυσικού αερίου,, πηγή: L. David Roper Professor¹⁸.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΕΣΕΚ, η τιμή του φυσικού αερίου έχει σταδιακή και ομαλή αύξηση, σε αντιδιαστολή με την τιμή των συστημάτων ΑΠΕ που παρουσιάζει μείωση. Γεγονός που δικαιολογείται με τον συνυπολογισμό των μελλοντικών εξορύξεων φυσικού αερίου, και μάλιστα εγχώριων, και τη δημιουργία εγκαταστάσεων υπόγειων χώρων αποθήκευσης αυτού για την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας. Τέλος, σύμφωνα με αισιόδοξα σενάρια, **η αύξηση της τιμής του φυσικού αερίου, και όχι η εξάντληση του, θα κάνει απαραίτητη τελικά την κάθε αποστροφή από τα ορυκτά καύσιμα**. Δίλημμα που μελετάται από το 1956¹⁹ έως και σήμερα²⁰.

¹⁸ <http://www.roperld.com/> L. David Roper Professor Emeritus of Physics, College of Arts and Sciences at Virginia Polytechnic Institute and State University.

¹⁹ M. King Hubbert, NUCLEAR ENERGY AND FOSSIL FUELS, SHELL DEVELOPMENT COMPANY, EXPLORATION AND PRODUCTION RESEARCH DIVISION, HOUSTON, TEXAS, JUNE 1956.

| | 2022 | 2025 | 2030 |
|---|-------|-------|-------|
| Τιμή Φ.Α (συμπεριλαμβάνεται το κόστος μεταφοράς και εξισορρόπησης) (€2016/MWh fuel) | 28,09 | 31,35 | 32,83 |
| Τιμή διάθεσης Φ.Α (€2016/GJ) | 6,80 | 7,71 | 8,12 |
| Τιμές δικαιωμάτων εκπομπών (€2016/t of CO ₂) | 24,00 | 28,77 | 31,23 |

4. Στον Πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι επικαιροποιημένες παραδοχές για την εξέλιξη των διεθνών τιμών καυσίμων και των δικαιωμάτων εκπομπών του ΣΕΔΕ της ΕΕ. Οι τιμές φυσικού αερίου προήλθαν από επικοινωνία με φορείς της αγοράς και διεθνείς εκτιμήσεις για τη μελλοντική τους εξέλιξη.

| Κόστος ανάπτυξης (€/kW) | 2016 | 2020 | 2025 | 2030 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Τεχνολογίες ΑΠΕ για Η/Π | | | | |
| Αιολικό Πάρκο | 1.250 | 1.261 | 997 | 860 |
| Φωτοβολταϊκό - πάρκο | 1.000 | 737 | 631 | 559 |
| Φωτοβολταϊκό - στέγες | 1.400 | 1.132 | 981 | 864 |
| Ηλιοθερμικό πάρκο με αποθήκευση | 4.700 | 4.100 | 3.860 | 3.370 |
| Γεωθερμία | 4.400 | 4.400 | 4.400 | 3.400 |
| Υδροηλεκτρικό - μικρό | 1.950 | 1.900 | 1.900 | 1.900 |
| Βιομάζα - Μεγάλου μεγέθους | 2.700 | 2.700 | 2.700 | 2.700 |
| Βιομάζα -Μεσαίου μεγέθους | 3.500 | 3.500 | 3.500 | 3.500 |
| Βιοαέριο | 4.350 | 4.350 | 4.350 | 4.350 |

5. Προβλέψεις για την εξέλιξη του πλήρους τυπικού κόστους ανάπτυξης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ.

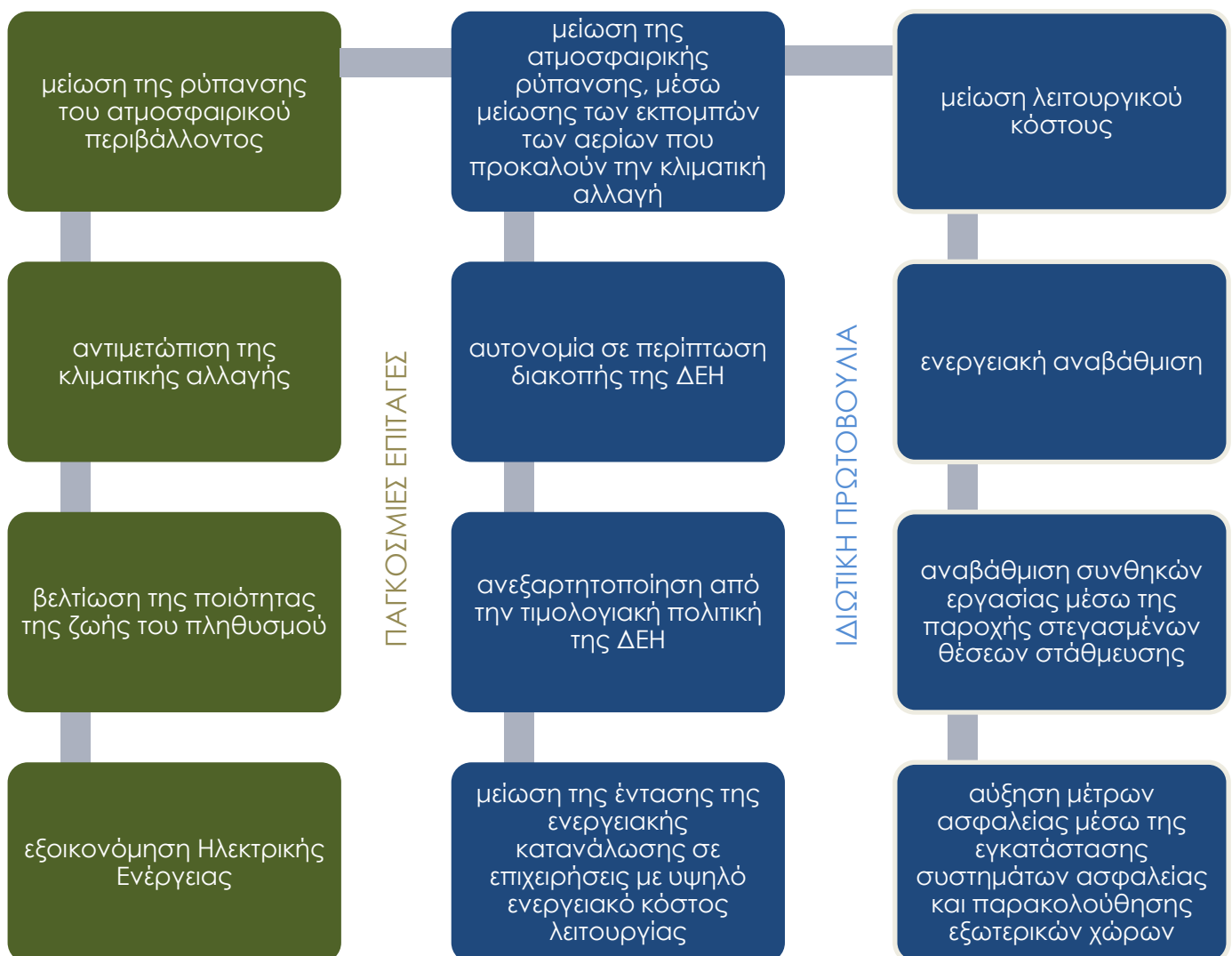
²⁰ <http://www.roperld.com/> L. David Roper Professor Emeritus of Physics, College of Arts and Sciences at Virginia Polytechnic Institute and State University.

Ιδιωτική πρωτοβουλία - Επενδυτικό όφελος

Εκτός από τη διεθνή κατακραυγή, τις πιέσεις, τα πρόστιμα, τα κίνητρα, ο ιδιωτικός τομέας οφείλει να λάβει μέτρα αφ' εαυτού για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε μια μικρή χώρα, όπως η Ελλάδα, που παρουσιάζει ελάχιστο ποσοστό βαριάς βιομηχανίας, σε αντίθεση με εκείνες μεσαίου και μικρότερου βεληνεκούς, η σκυτάλη της προστασίας, του εκσυγχρονισμού και της εξοικονόμησης πέφτει στα χέρια των μεσαίων επιχειρήσεων που ακόμα έχουν βαρύ ενεργειακό αποτύπωμα.

Δοθείσης της ευκαιρίας, κι ο Αποτεφρωτήρας στα Λιόσια, όντας μία εγχώρια βιομηχανική μονάδα, επιβάλλεται να προσαρμοστεί πλήρως στις διεθνείς κι Ευρωπαϊκές επιταγές, όπως αναλύθηκαν ανωτέρω, λαμβάνοντας τις ευθύνες του απέναντι στη φύση και στον άνθρωπο. Πλέον επενδυτικά κεφάλαια που προσβλέπουν στην ενεργειακή αναβάθμιση και στην εγκατάσταση συστημάτων ΑΠΕ, έχουν βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο αντίκρισμα. Συνεπώς, δεν είναι πλέον ουτοπικό το σενάριο της επένδυσης στο φυσικό περιβάλλον.

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ



ΓΙΑΤΙ ΕΠΙΛΕΓΟΝΤΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΥΠΟΛΟΙΠΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΠΕ

Συναγόμενο με τα ανωτέρω, σε συνδυασμό με την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των εξελίξεων, σχετικά με την εναντίωση ως προς την λειτουργία του Αποτεφρωτήρα και γενικά της βιομηχανικής περιοχής στον ΧΥΤΑ της Φυλής, αλλά και τα εθνικά και διεθνή πρότυπα, προέκυψε η ιδέα της εγκατάστασης ΑΠΕ στον ΕΑΥΜ της Φυλής.

Στην περίπτωση του Αποτεφρωτήρα το δίλλημα αιολικών ή ηλιακών ΑΠΕ δεν υφίσταται, διότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε συνδυασμό με τη διαμόρφωση τους εδάφους, δεν επιτρέπουν την τοποθέτηση κάθε είδους ανεμογεννητριών.

Στην προσπάθεια εγκατάστασης ΑΠΕ, μόνο τα φωτοβολταϊκά δείχνουν να έχουν ελπίδα μιας και, όπως σημειώθηκε παραπάνω, ο αποτεφρωτήρας βρίσκεται εντός λόφων γεγονός που δημιουργεί συνθήκες πολύ χαμηλού αιολικού δυναμικού κοντά στην εγκατάσταση, ενώ παράλληλα, σε ένα μεγάλο μέρος των λόφων αυτών είναι ο ΧΥΤΑ καθιστώντας το έδαφος στατικά ανεπαρκές για εγκαταστάσεις εξοπλισμού ανεμογεννήτριας.

Όπως αποδεικνύεται όμως, αυτό δεν αποτελεί δυστύχημα μιας και η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας με εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών είναι η ανερχόμενη τάση με ήδη δεκάδες παραδείγματα φωτοβολταϊκών στις στέγες στην Ελλάδα και στο εξωτερικό σε μονάδες αντίστοιχες του Αποτεφρωτήρα και όχι μόνο. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών έχει ωριμάσει, έχοντας πλεονεκτήματα που την κάνουν ελκυστική, όχι μόνο έναντι άλλων μορφών ενέργειας, αλλά και συγκριτικά μεταξύ των υπολοίπων ΑΠΕ.

Πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών έναντι άλλων μορφών ενέργειας

| | |
|--------------------------|--|
| ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ | Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής σε συνδυασμό με τις μικρότερες απαιτήσεις συντήρησης: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας. |
| | Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη. |
| | Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών. |

| | |
|--------------------------|---|
| ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ | <p>Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου.</p> <p>Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράιμπουργκ της Γερμανίας.</p> |
|--------------------------|---|

Πλεονεκτήματα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σε βιομηχανικές στέγες

Η εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε κτίρια (στέγες και δώματα) διαθέτει ένα ευρύ φάσμα βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων οφελών.

Αναφέρονται χαρακτηριστικά:

- Μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.
- Παροχή στρώματος προστασίας απέναντι σε απότομες αυξήσεις της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Αύξηση της αξίας του οικοπέδου με την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιριακών εγκαταστάσεων, αλλά και λόγω του εγκατεστημένου εξοπλισμού.
- Συνεισφορά στην μείωση του αποτυπώματος των αερίων του θερμοκηπίου.
- Ανάληψη Εταιρικής κοινωνικής ευθύνης.
- Εξοικονόμηση και κερδοφορία από την αυτοκατανάλωση ή πώληση της παραγόμενης ενέργειας.

Συνεπώς γίνεται μια προσπάθεια εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, παρόλο που με μια γρήγορη ματιά, παρατηρείται η έλλειψη κατάλληλου χωροταξικού σχεδιασμού, βιοκλιματικής και πράσινης ενεργειακής βάσης για την εγκατάσταση ΑΠΕ. Ανεπάρκειες οι οποίες παρατηρούνται στην τοποθεσία του Αποτεφρωτήρα, γύρω από υψηλότερους λόφους, καθιστώντας αδύνατη την εγκατάσταση, έστω μικρής ανεμογεννήτριας. επιπροσθέτως, στη νοτιοανατολική κλίση των εγκαταστάσεων, η οποία, δυσχεραίνει, έτι περαιτέρω, την τοποθέτηση ηλιακών γεννητριών, και τέλος τις σκιάσεις που

δημιουργούνται λόγω της τοποθέτησης του υψηλότερου κτιρίου, της μονάδας καύσης και προσωρινής αποθήκευσης στο κέντρο του χώρου. Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα την επιφάνεια που απαιτούν για ορισμένο έργο. Μια προσπάθεια αντιρρόπησης του προαναφερθέντος γίνεται με την εκμετάλλευση του νεκρού χώρου στις στέγες και με την αναδιαμόρφωση του χώρου κάνοντας τον και πιο λειτουργικό και εργοδυναμικό. Οι παραπάνω αυτές ενέργειες σίγουρα αξίζει τον κόπο να υλοποιηθούν, μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση, τα λειτουργικά έξοδα, εκσυγχρονίζοντας τη μονάδα και βελτιώνοντας τη δημόσια εικόνα της, κάνοντας την αρχή και για άλλες εφαρμογές.

ν. Η βιομηχανική περιοχή στον ΧΥΤΑ Φυλής. Κάτω από το εργοστάσιο της ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ του ΕΣΔΝΑ διακρίνεται το συγκρότημα του ΑΠΟΤΕΡΩΤΗΡΑΣ.



Ολιστική Θεώρηση

_ Διαδικασία πριν την μελέτη _ Engineering design process

Πριν την διατύπωση της τελικής μελέτης, προηγήθηκε η διαδικασία του πρωταρχικού σχεδιασμού, η οποία αποτελείται από τα παρακάτω βήματα:

I. Έρευνα

_ Research

- ▶ (marketplace needs) Το πρώτο βήμα κάθε επίδοξου μελετητή είθισται να ξεκινά με τη διατύπωση των αναγκών που προσπαθεί να καλύψει διαμέσου του έργου του.

Στην περίπτωση μιας μελέτης εστιασμένης σε ένα βιομηχανικό συγκρότημα, όπως αυτό του Αποτεφρωτήρα, η μείωση του λειτουργικού κόστους, δηλαδή του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος, η βελτίωση της οικολογικής-πράσινης εικόνας της μονάδας, καθώς και ο εκσυγχρονισμός αυτής, σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές τάσεις, είναι τα βασικά ζητούμενα.

- ▶ (Applicant literature) Στα πρωταρχικά στάδια μιας μελέτης ανήκει και η αναγκαία και διόλου αναπόφευκτη βιβλιογραφική επισκόπηση που στόχο έχει την αφομοίωση και την καταγραφή των απαιτήσεων που προϋποθέτονται για την υλοποίηση του έργου. Αναφορές εντοπίζονται σε επιστημονικές μελέτες, ΦΕΚ, εγκυκλίους, φυλλάδια, εφημερίδες κι οδηγίες, πηγές που ανανεώνεται κάθε φορά που συναντιέται δυσκολία στην πράξη, οπότε επιστρατεύεται μία άλλη λύση.

II. Απαιτήσεις μελέτης

_ Design requirements

Καθορισμός και διεξαγωγή της ανάλυσης των απαιτήσεων, σύμφωνα με το διαθέσιμο χώρο, τις προϋποθέσεις της νομοθεσίας και τον προσανατολισμό των κτιρίων.

Κατόπιν αυτοψίας λοιπόν στις εγκαταστάσεις του Αποτεφρωτήρα, αλλά μετά και από συζητήσεις με τα στελέχη τις επιχείρησης, σημειώθηκαν οι προθέσεις κι εντοπίστηκαν οι διαθέσιμες επιφάνειες για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ακολούθησε η φωτογραφική τεκμηρίωση, καθώς και επιτόπιες μετρήσεις των αποστάσεων και των κλίσεων των δίρριχτων στεγών.

III. Εφικτότητα _Feasibility

Στο σημείο αυτό εξετάζεται ποιες λύσεις είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν, καθώς τίθεται ο στόχος μιας υλοποιήσιμης κι ολοκληρωμένης μελέτης.

Τα κριτήρια ταξινόμησης των διαφόρων επιλύσεων ήταν τα εξής:

- ▶ περιβαλλοντική επιβάρυνση,
- ▶ Νομικό πλαίσιο-κείμενη νομοθεσία,
- ▶ κόστος,
- ▶ τοποθεσία (προδιαγραφές κλίσεων, σκιάσεων, στηρίξεων, κτλ).

Παράδειγμα επί του πρακτέου:

Πρόβλημα -> Υψηλό ρεύμα

Λύση α' -> Επένδυση φωτοβολταϊκών για αυτοπαραγωγή.

Λύση β' -> Φωτοβολταϊκή εγκατάσταση για αυτοπαραγωγή ρεύματος και πώληση αυτού.

Εξέταση των παραπάνω λύσεων με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν:

- ▶ Η Νομοθεσία επιτρέπει και τις δύο λύσεις, δηλαδή και την επένδυση σε φωτοβολταϊκά για αυτοπαραγωγή, καθώς και την πώληση του παραγόμενου ρεύματος. Προβλέπονται επίσης και οι τρόποι αξιοποίησης των επενδυτικών μοντέλων. Συγκεκριμένα, γίνεται λόγος για τον ενεργειακό συμψηφισμό -net metering- και την πώληση στο δίκτυο "με ταρίφα" -feed in tariff-.
- ▶ Περιβαλλοντική εξέταση: Και οι δύο λύσεις συμβαδίζουν άριστα με τις νέες περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Μάλιστα, είθισται τελευταία να τοποθετούνται φωτοβολταϊκά σε βιομηχανικές στέγες.
- ▶ Νομικό πλαίσιο: Η Νομοθεσία επιτρέπει την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών από ένα νομικό πρόσωπο, στην συγκεκριμένη περίπτωση της διοίκησης του Αποτεφρωτήρα ΕΑΥΜ, αρκεί να υπάρχει η έγγραφη συναίνεση του φορέα ιδιοκτησίας δηλαδή του ΕΣΔΝΑ.
- ▶ Τεχνολογική: Η τεχνολογία και η τεχνογνωσία για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών σε βιομηχανικές στέγες και σε δώματα, υπάρχει.
- ▶ Τοποθεσία: Οι διαθέσιμες επιφάνειες, στέγες, δώματα, γήπεδα σημειώνονται στο ακόλουθο τοπογραφικό.
- ▶ Περιορισμοί κόστους: Σύμφωνα με το σενάριο μελέτης που ακολουθείται, δεν υπάρχουν χρηματικοί περιορισμοί, αρκεί η μελέτη να καταλήξει σε μια συμφέρουσα επένδυση.

Επειδή οι ενεργειακές ανάγκες του αποτεφρωτήρα είναι μεγάλες και το εμβαδόν του δεν επαρκεί για να τις καλύψει με παραγόμενη ενέργεια από εγκατάσταση φωτοβολταϊκών εντός της μονάδας, **η μελέτη δεν θα ακολουθήσει την συνήθη μεθοδολογία, η οποία εξετάζει τις καταναλώσεις και διαστασιολογεί με βάση την κάλυψη τους (μέθοδος χειρότερου/ δυσμενέστερου μήνα²¹), αλλά ουσιαστικά θα γίνει μελέτη με αρχή την διαθέσιμη προς εγκατάσταση φωτοβολταϊκών επιφάνεια (στέγες δώματα και έδαφος).** Με βάση την διαθέσιμη επιφάνεια και, σε συνδυασμό με το κόστος εγκατάστασης, το οποίο θα κριθεί από το κόστος των τεχνικών εργασιών του μηχανολογικού και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των πλαισίων, αλλά και σε συνδυασμό με μία ενδεικτική τιμή πώλησης της ενέργειας, θα γίνει η διαστασιολόγηση και η οικονομική ανάλυση. Λόγω των μεγάλων καταναλώσεων της μονάδας και τον ετεροχρονισμό αυτών με τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δεν πραγματοποιείται προσπάθεια ένταξης σε κάποιο πρόγραμμα ενεργειακού συμψηφισμού ή προσπάθεια αυτοπαραγωγής, παρά μόνο συντελείται μια δοκιμή ένταξης στο πρόγραμμα "feed in premium tariffs". Προηγουμένως, εξετάζεται η νομοθεσία για το "feed in premium tariffs" και για το ενδεχόμενο πώλησης ενέργειας. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά σε διάφορα επενδυτικά εργαλεία.

IV. Σύλληψη ιδέας

_Conceptual Design

Αυτό το κρίσιμο στάδιο καλύπτει τις έννοιες των "**Brainstorming**" και "**morphological analysis**". Αποτελείται ουσιαστικά από ένα συνονθύλευμα ιδεών και πράξεων που κρίνεται με βάση την υλοποιησιμότητα - εφικτότητα και το απαιτούμενο κόστος -κριτήριο που όπως αναφέρθηκε, δεν χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη-.

Οι ιδέες που συζητήθηκαν και αξιολογήθηκαν ήταν οι εξής:

- _ **Σιδηροκατασκευή** για τη μετατροπή της στέγης του χώρου προσωρινής αποθήκευσης, από δίρριχτη σε μονόριχτη.
- _ **Σιδηροκατασκευή** για την αύξηση του ύψους στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης (ομοίως με τα ανωτέρω).
- _ **Σιδηροκατασκευή β'**, Κατασκευή εξέδρας για την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στο δώμα του κτιρίου διοίκησης.

²¹ Η κλασική μέθοδος που ακολουθείται στον υπολογισμό ενός συστήματος που αποσκοπεί στην αυτονομία ή στην κάλυψη των περισσότερων δυνατών ετήσιων αναγκών είναι εκείνη του δυσμενέστερου μήνα, για την Ελλάδα δηλαδή του Δεκεμβρίου.

_ **Διαμόρφωση του χώρου φόρτωσης-εκφόρτωσης**, μετακινώντας τα υπάρχοντα κοντέινερ προς τα ανατολικά, με σκοπό τη δημιουργία ενός κενού γηπέδου κατάλληλου για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου.

_ **Αποψίλωση ή κλάδεμα** των δέντρων όπου χρειάζεται για να μην σκιάζουν συγκεκριμένες επιφάνειες.

_ **Φύτευση νέων δέντρων** σε διαθέσιμα μέρη και αναζήτηση κατάλληλων ειδών μέσω της νομοθεσίας (ΦΕΚ 59Δ ΤΟΥ 89 περί φύτευσης).

_ Δημιουργία **στεγάστρων παρκινγκ** με στόχο την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών.

_ Τα παρκινγκ θα μπορούσαν να είναι και **ηλεκτρική σταθμοί** και να χορηγούνται εταιρικά ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Εν συνόψει, μετά από μια σύντομη παρουσίαση των ιδεών, διαγράφονται πλέον εμφανώς κάποιες προθέσεις-κατευθύνσεις, ενώ μετά από μια πρώτη διαλογή, πραγματοποιείται μια προκαταρκτική μελέτη για κάθε μία από τις εναπομείνουσες.

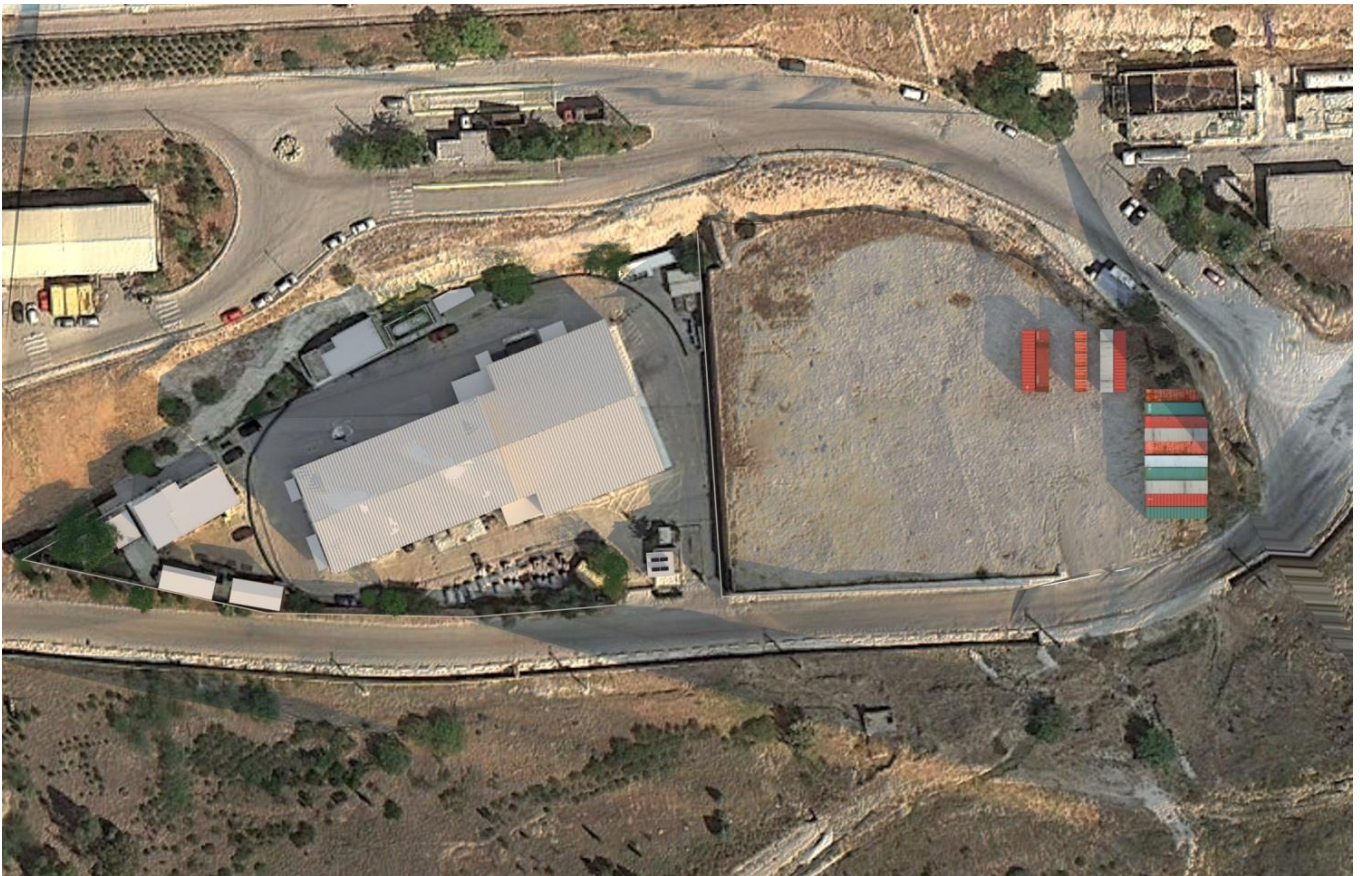
Για την καλύτερη διαχείριση, βάσει των γεωμετρικών, των χωροταξικών χαρακτηριστικών, τον προσανατολισμό και τις κλίσεις, το συγκρότημα χωρίζεται σε **οκτώ διακριτούς τομείς-ενότητες**:

1. Κτίριο διοίκησης,
2. Κοντέινερ τεχνιτών,
3. Κοντέινερ αποθήκης,
4. Παρκινγκ,
5. Φυλάκιο,
6. Χώρος καύσης,
7. Χώρος αποθήκευσης,
8. Φωτοβολταϊκό πάρκο.

V. Προκαταρκτική μελέτη _Preliminary design

Μια προκαταρκτική μελέτη είναι απαραίτητη στην περίπτωση που τα στοιχεία δεν είναι επαρκή για την τελική αξιολόγηση του έργου. Πρόκειται ουσιαστικά για τον κορμό στον οποίο βασίζεται η τελική μελέτη. Δηλαδή το σημείο στο οποίο καταλήγει κανείς στις λύσεις, αναλύοντάς αυτές διεξοδικότερα.

Αξιολογώντας λοιπόν τις παραπάνω ιδέες, μετά από το σχεδιασμό του συγκροτήματος στο πρόγραμμα μοντελοποίησης και φωτορεαλισμού 3ds Max, στο στάδιο της προκαταρκτικής μελέτης παρουσιάζονται οι τελικές προτάσεις, τόσο για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε συγκεκριμένες επιφάνειες, όσο και για την αλλαγή στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου της μονάδας.



vi. Τρισδιάστατη αναπαράσταση του συγκροτήματος (21 Ιουνίου, 9:00).

Μετά την προσομοίωση σε πραγματικές συνθήκες των κτιρίων της εγκατάστασης και τη μελέτη των φωτοσκιάσεων, συμπεραίνεται πως ηλιακές γεννήτριες δύναται να τοποθετηθούν συγκεκριμένα:

Τομέας 1. Κτίριο διοίκησης: Αναφέρθηκε η ιδέα της κατασκευής μιας μεταλλικής εξέδρας για την τοποθέτηση των πάνελ σε υψηλότερη στάθμη. Ενέργεια που θα κόστιζε σε χρόνο και χρήμα, χωρίς ουσιαστικά αποτελέσματα, καθώς οι σκιάσεις από το χώρο καύσης πάνω στο δώμα θα παρέμεναν οι ίδιες (βλ. εικόνες σκιάσεων στη συνέχεια του τεύχους). Επιπρόσθετα, θα αυξανόταν με αυτό τον τρόπο η επικινδυνότητα τοποθέτησης και

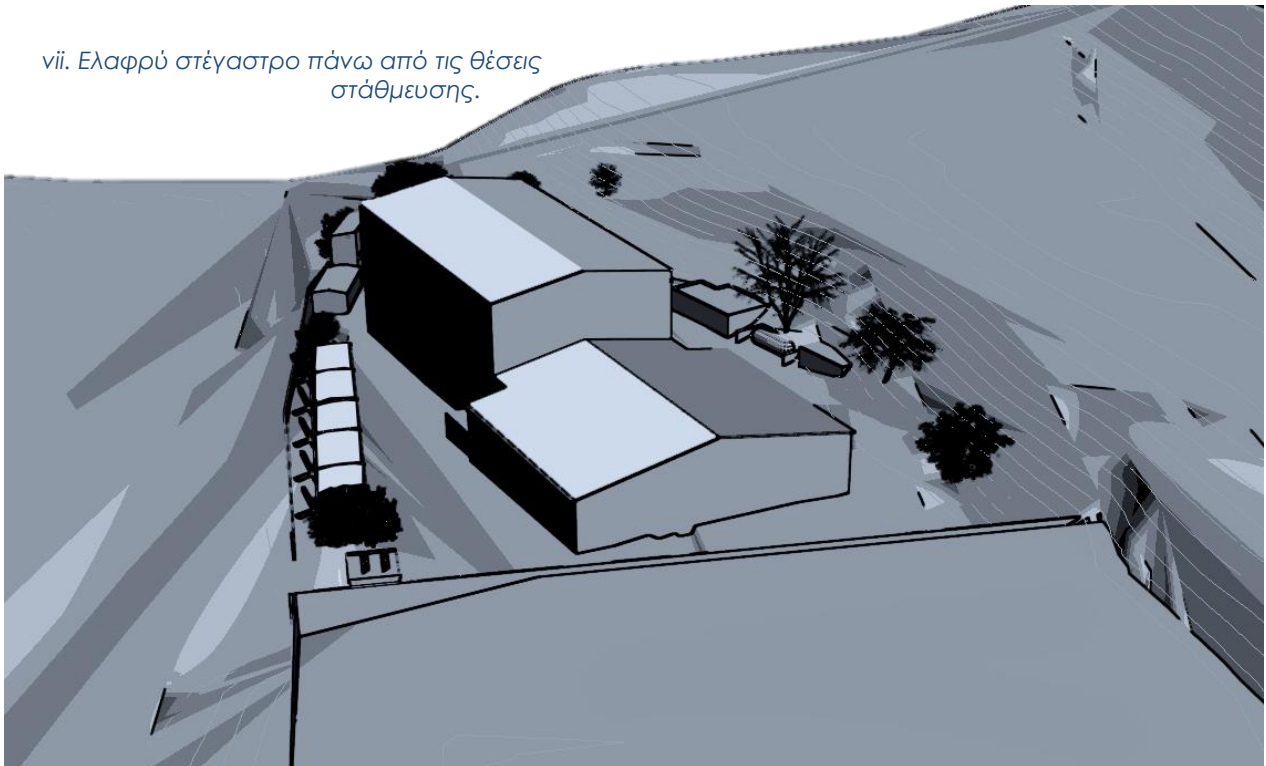
συντήρησης των ηλιακών γεννητριών, αφού θα ήταν εκτεθειμένες στον αέρα, πάνω από τη στάθμη του δώματος που φέρει μάλιστα χαμηλό στηθαίο. Αξιοποιώντας όμως ως έχει το δώμα της στέγης, με τη μετακόμιση μόνο κάποιων εξωτερικών ψυκτικών μονάδων, μπορούν να τοποθετηθούν τουλάχιστον 5 σειρές φωτοβολταϊκών με μικρή απόκλιση από το Νότο. Μένει μόνο να σημειωθούν οι νομοθετικοί περιορισμοί για τα φωτοβολταϊκά σε δώμα (ΦΕΚ ΑΑΠ 376/6.9.2010).

Τομέας 2. Κοντέινερ τεχνιτών: Πρόκειται για ένα τυπικών διαστάσεων κοντέινερ, με δίρριχτη στέγη.

Τομέας 3. Κοντέινερ αποθήκης: Το αποθηκευτικό κοντέινερ, υψηλότερο από εκείνο της αποθήκης, έχει μονόρριχτη στέγη με μια απόκλιση 20° από το Νότο.

Τομέας 4. Παρκινγκ: Οι θέσεις στάθμευσης στο συγκρότημα του Αποτεφρωτήρα δεν είναι απόλυτα ευδιάκριτες. Υπάρχει μια πρόβλεψη παρκινγκ στα αριστερά της εισόδου, χωρίς καμιά κατάλληλη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Πολλοί εργαζόμενοι μάλιστα σταθμεύουν εξωτερικά, δίπλα στην περίφραξη για μια μίνιμουμ ηλιοπροστασία των οχημάτων τους. Ένεκα και η ιδέα του σχεδιασμού ενός στεγάστρου πάρκινγκ, το οποίο εξ αρχής προορίζεται να φέρει φωτοβολταϊκούς συλλέκτες στην κάλυψή του.

vii. Ελαφρύ στέγαστρο πάνω από τις θέσεις στάθμευσης.



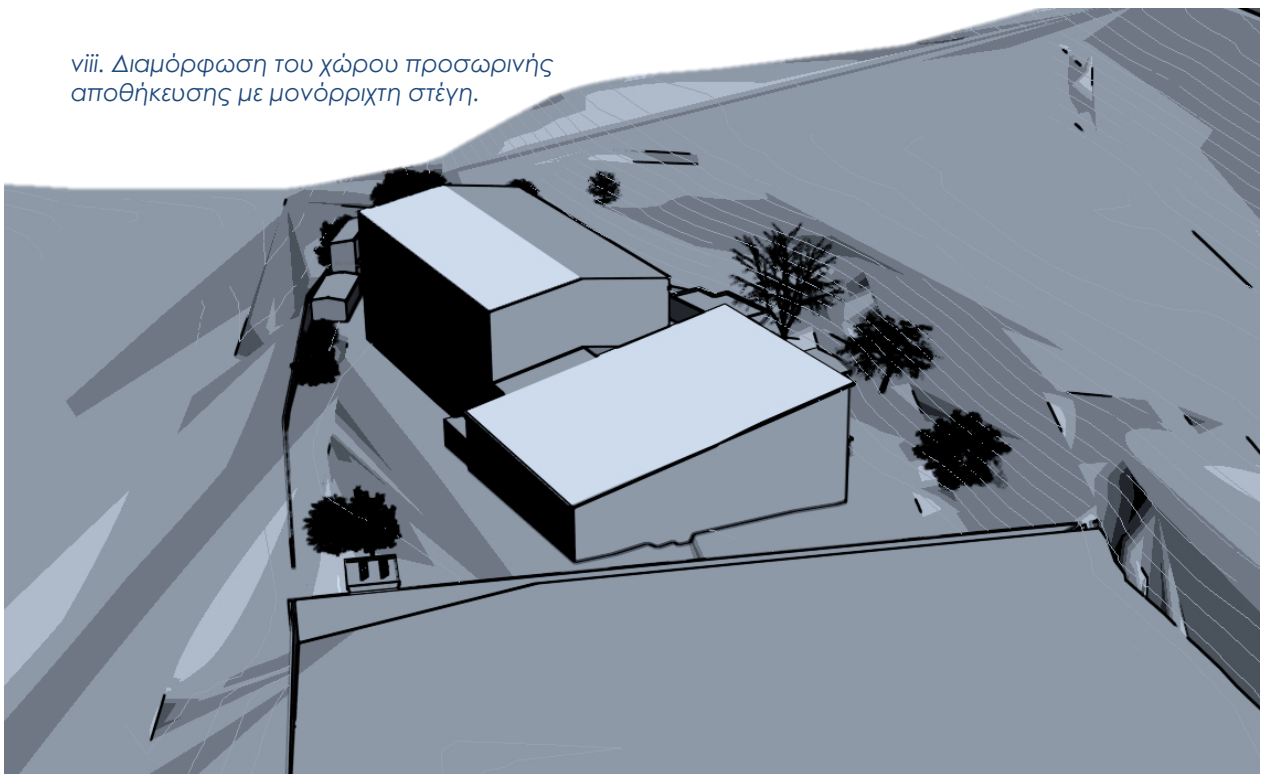
Τομέας 5. Φυλάκιο: Το δώμα του φυλακίου στην είσοδο του εργοστασίου, αν και έχει μικρές διαστάσεις, μπορεί άνετα να φιλοξενήσει μια συστάδα φωτοβολταϊκών.

Τομέας 6. Χώρος καύσης: Η στέγη του χώρου καύσης, λόγω του ύψους και των διαστάσεων της, θα ήταν το καταλληλότερο σημείο για την τοποθέτηση ηλιακών

συλλεκτριών. Ωστόσο, το δυτικό τμήμα της αποκολλάται ανά τακτά διαστήματα, εξαιτίας των υψηλών απαιτήσεων συντήρησης των μηχανημάτων στο εσωτερικό (κλίβανος, πύργος ψύξης, εναλλάκτες θερμότητας). Κατά συνέπεια, μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο ένα τμήμα της προς τα ανατολικά, όμορα του χώρου αποθήκευσης.

Τομέας 7. Χώρος αποθήκευσης: Το κτίριο της προσωρινής αποθήκευσης των αποβλήτων καλύπτεται με δίρριχτη στέγη. Το τμήμα που βρίσκεται σε επαφή με το χώρο καύσης, σκιάζεται επί το πλείστον. Συνεπώς, δεν συμπεριλαμβάνεται στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Όσον αφορά την υπόλοιπη στέγη, διατυπώθηκαν διάφορα σενάρια για την αξιοποίησή της, τα οποία περιλάμβαναν μεταλλικές κατασκευές με σκοπό την αύξηση του ύψους της τελικής στάθμης, είτε διαμορφώνοντας μια μονόρριχτη στέγη, με την υπερύψωση του βορινού τοίχου του κτιρίου, είτε με την τοποθέτηση μεταλλικής κατασκευής για τη διαμόρφωση μιας επίπεδης σχεδόν επιφάνειας. Από τη μια, αυτές οι κατασκευές θα αύξαναν σημαντικά την διαθέσιμη επιφάνεια για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, από την άλλη εκτίνασσαν το κόστος και το χρόνο παραγωγής. Επίσης, μεγάλο τμήμα της περιοχής παραμένει σκιασμένο αρκετές ώρες καθημερινά καθόλη τη διάρκεια του έτους (βλ. εικόνες σκιάσεων στη συνέχεια του τεύχους), ακόμη και εντός του ηλιακού παραθύρου.

viii. Διαμόρφωση του χώρου προσωρινής αποθήκευσης με μονόρριχτη στέγη.



Τομέας 8. Φωτοβολταϊκό πάρκο: Ο χώρος φόρτωσης-εκφόρτωσης κοντέινερ είναι μια μεγάλη έκταση στα ανατολικά του συγκροτήματος του εργοστασίου, ανήκει στη δικαιοδοσία του Αποτεφρωτήρα, αλλά μένει σχεδόν ανεκμετάλλευτη και αναξιοποίητη. Αποκλειστικά στο κέντρο της έχουν αραδιαστεί κάποια κοντέινερ αποθήκευσης, τα οποία αντικαθίστανται ανά διαστήματα. Επομένως, κάθε ενδιαυσμός για αναδιάταξη του χώρου

ξεπερνιέται. Η διάταξη του γηπέδου δύναται να αλλάξει πολύ εύκολα, με την μετακίνηση των σταθερών κοντέινερ και των εργασιών της φορτω-εκφόρτωσης στα ανατολικά. Με αυτό τον τρόπο θα ελευθερωθεί ένα μεγάλο μέρος κεντρικά και η επιφάνεια θα καταστεί κατάλληλη για τη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών, δημιουργώντας ένα ηλιακό πάρκο προσανατολισμένο μάλιστα στο Νότο.

Στο επόμενο στάδιο πραγματοποιούνται αδροί υπολογισμοί με ελεύθερα, διαδικτυακά λογισμικά (αναλύονται περαιτέρω στη συνέχεια) για μια πρώτη εκτίμηση της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες.

Με δεδομένα το εμβαδό των στεγών (τομείς 2,3,4,6,7) κι εκείνο του γηπέδου και του δώματος (τομείς 1,5,8), το στίγμα της εγκατάστασης στο χάρτη, τις αποκλίσεις από το νότο και τις κλίσεις, προσδιορίζονται τα παρακάτω:

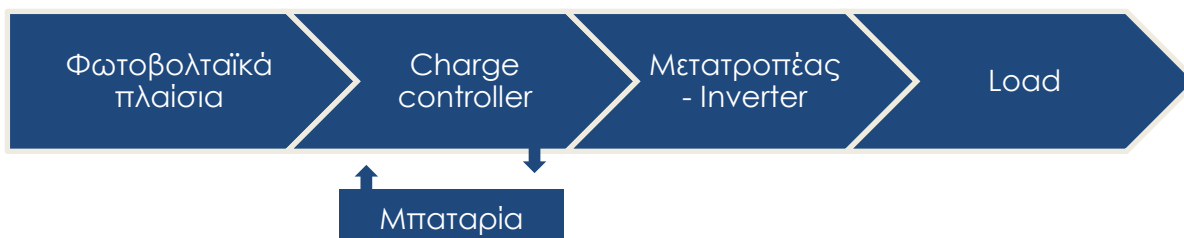
Η μέγιστη παραγόμενη ενέργεια για τις στέγες ετησίως ανέρχεται στις 140800 kWh, ενώ για τα δώματα και το γήπεδο στις 528070 kWh. Αθροιστικά επομένως συγκεντρώνονται 668870 kWh, ποσό κατά πολύ μικρότερο από την ηλεκτρική κατανάλωση του Αποτεφρωτήρα.

Κατ' ακολουθίαν, οι πρώτοι αυτοί υπολογισμοί της προκαταρκτικής μελέτης καταδεικνύουν και **το επενδυτικό πρότυπο** που πρέπει να ακολουθηθεί. Συγκεκριμένα, ο ενεργειακός συμψηφισμός -net metering- απορρίφθηκε, διότι η ηλεκτρική κατανάλωση του Αποτεφρωτήρα υπερβαίνει και ποσοτικά και χρονικά την ενέργεια που μπορεί να παραχθεί με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Επί παραδείγματι, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την νέα εγκατάσταση γίνεται κατά κύριο λόγο μεταξύ 9:00 με 15:00 καθημερινά, ενώ στη μονάδα υπάρχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, όταν βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία ο κλίβανος τις ημέρες Παρασκευή, Σάββατο και Κυριακή -εργοδυναμικοί λόγοι διαχείρισης των αποβλήτων-. Συνεπώς, μια βιώσιμη επένδυση μπορεί α στηριχτεί αποκλειστικά στην πώληση της παραγόμενης ενέργειας.

Τρόπος σχεδιασμού Φ/Β συστήματος

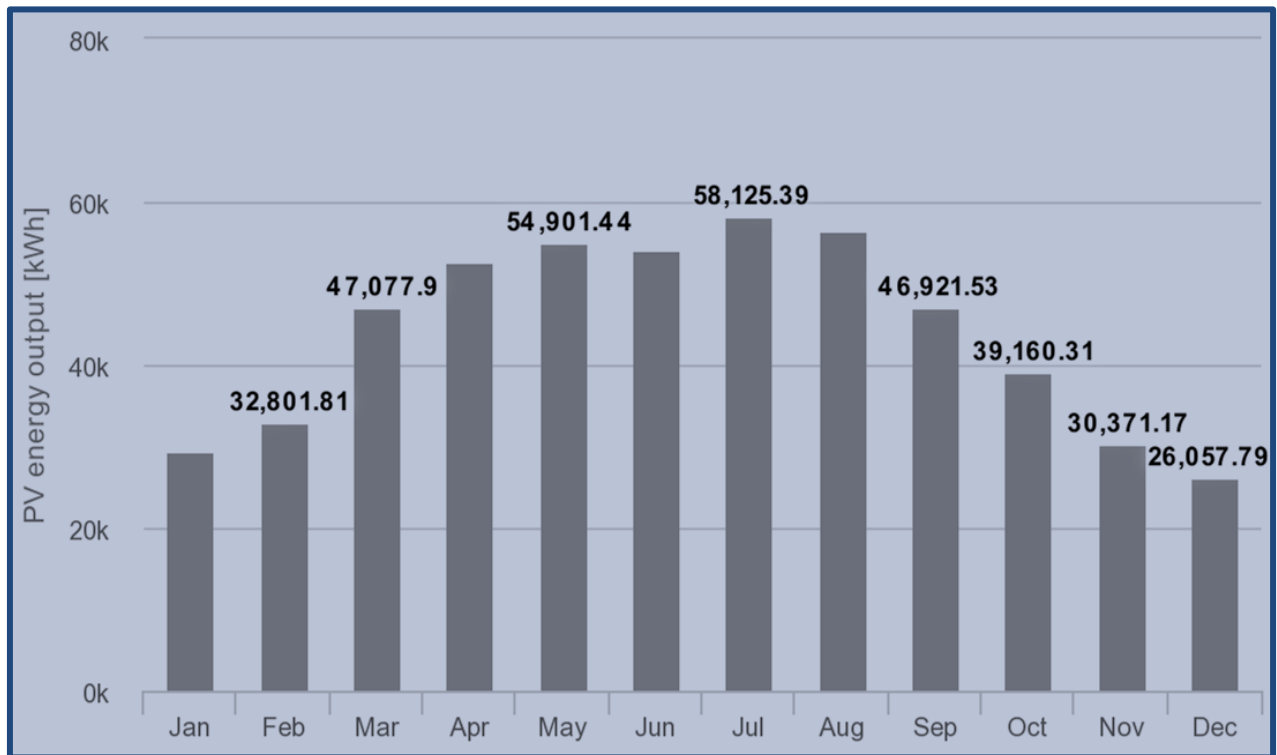
Διαδικασία Υπολογισμού

6. Για οικιακό αυτοπαραγωγό - ιδιοκατανάλωση.

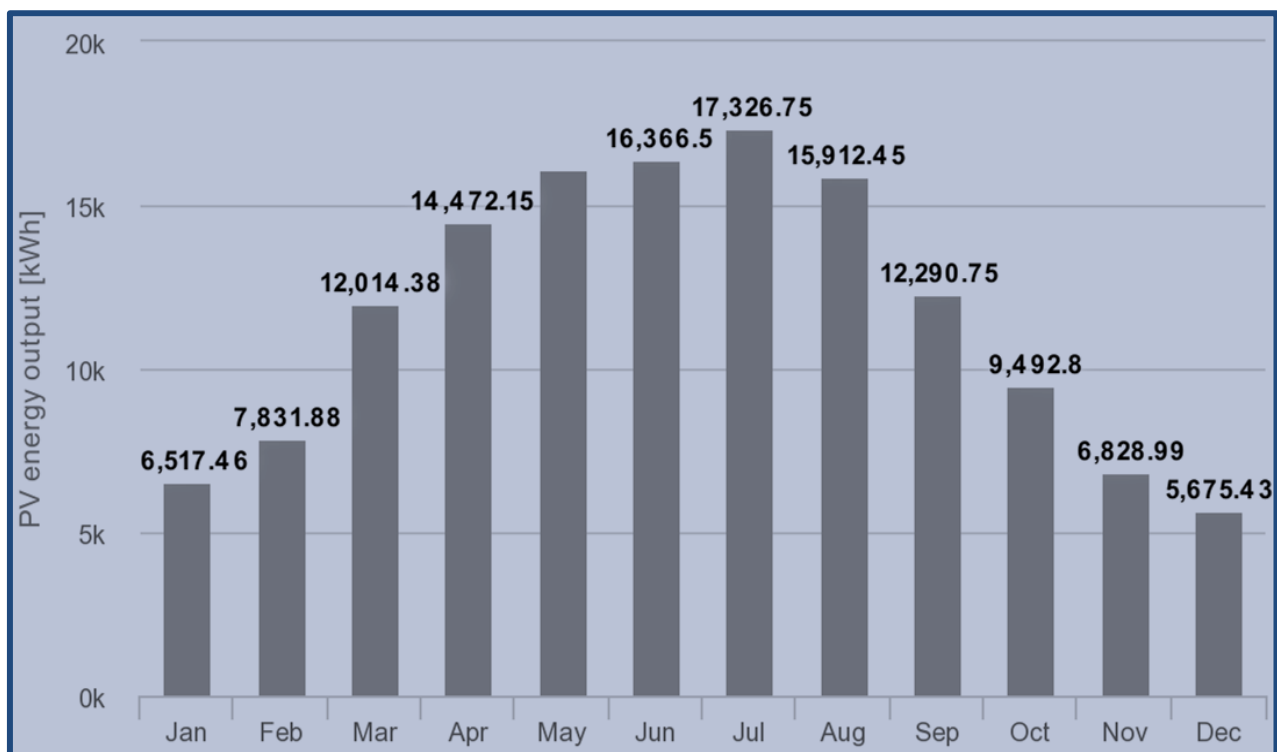


7. Για μεγάλο παραγωγό-πώληση ενέργειας.



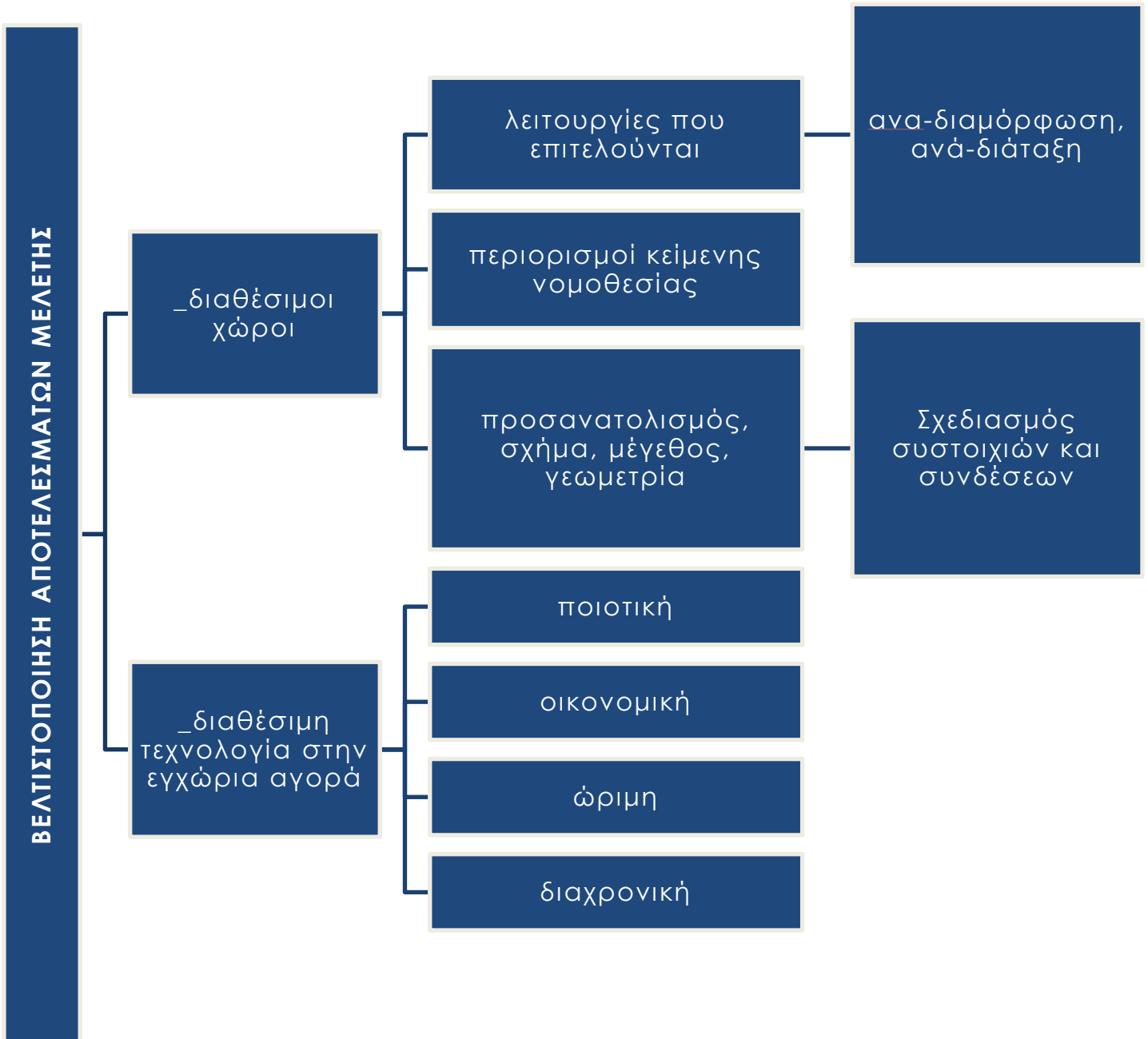


8. Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, Τομείς 1,5,8.



9. Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, Τομείς 2,3,4,6,7.

Μελέτη



Εισαγωγή

Μέθοδος για την μεγαλύτερη (ετήσια) δυνατή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται, όταν η διαστασιολόγηση πραγματοποιείται για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα του οποίου η παραχθείσα ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται όλη στο δίκτυο με στόχο την μεγαλύτερη παραγωγή και κερδοφορία. Στην παρούσα μελέτη, η οποία εξ ορισμού αφορά την βέλτιστη διαστασιολόγηση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με βάση την μεγαλύτερη δυνατή κάλυψη του συγκροτήματος του Αποτεφρωτήρα, επιλέγεται η ετήσια διαστασιολόγηση. Για να καταστεί κάτι τέτοιο δυνατό, διερευνήθηκαν οι χώροι ως προς την χρήση και την λειτουργία τους, κατασταλάζοντας στο σενάριο που εξετάζεται αναλυτικά στην συνέχεια.

Στο προκαταρκτικό στάδιο που προηγήθηκε, πραγματοποιήθηκε η επιλογή του σεναρίου προς υλοποίηση. Έπεται η αναλυτική μελέτη του.

Καθώς ειπώθηκε και στην εισαγωγή, τα κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη για την διαμόρφωση των τελικών αποτελεσμάτων, ήταν οικονομοτεχνικά, ποιοτικά, διαχρονικά και ρεαλιστικά και στο αντίστοιχο διάγραμμα ροής γίνεται αντιληπτό που έγκειται ο όρος του βέλτιστου αποτελέσματος για το **συγκεκριμένο σενάριο**²².

Τα **βήματα** που ακολουθηθήκαν κατά την διεξαγωγή της μελέτης ήταν τα κάτωθι:

1. Η μελέτη ακολουθεί την πορεία που προ είπαμε, δηλαδή πιο αναλυτικά αρχικά θα βρεθεί η τοποθεσία της εγκατάστασης τα μετεωρολογικά και τα ηλιακά δεδομένα.
2. Με βάση τους τομείς διάκρισης της προκαταρκτικής μελέτης, ομαδοποιούνται τα κτίρια που έχουν δώμα κι εκείνα που φέρουν στέγη.
3. Πορισμός των συντελεστών απόδοσης και απωλειών
4. Διερεύνηση βέλτιστης γωνίας για την αξιοποίηση του πλαισίου για την μέγιστη απόδοση.
5. Εύρεση συγκεκριμένου φωτοβολταϊκού πλαισίου που κυκλοφορεί στην αγορά και χρήση της διάστασης του για την τοπογραφία του.
6. Χωροθέτηση των ηλιακών γεννητριών με τρόπο, όπου μπορούν να μπουν τα περισσότερα. Αριθμός πλαισίων.
7. Εύρεση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
8. Αξιολόγηση της επένδυσης

²² Η ορολογία του βέλτιστου αποτελέσματος στην παρούσα μελέτη δεν οφείλεται στην καλύτερη επιλογή ανάμεσα στα διάφορα σενάρια (λύσεις), εφόσον στην πράξη κανείς θα μπορούσε να σκεφτεί άλλα πιο αποδοτικά ή να μετατρέψει τα υπάρχοντα σε πιο ελκυστικές επιλογές, λ.χ ,μια δωρεά των σιδηροκατασκευών, του εξοπλισμού ή δυνατότητα κρατικής επιχορήγησης.

Το συγκρότημα του Αποτεφρωτήρα

_τοποθεσία _σκιάσεις _μικροκλίμα

Τοποθεσία & Κλιματολογικές Συνθήκες

Οι εγκαταστάσεις του αποτεφρωτήρα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, βρίσκονται στην περιοχή των άνω Λιοσίων, κοντά στον ΧΥΤΑ του Δήμου Φυλής. Έχουν γεωγραφικές συντεταγμένες
_γεωγραφικό πλάτος: 38.070570 και
_γεωγραφικό μήκος: 23.659379.

Το περικλειστο τοπίο των λόφων γύρω από τη μονάδα, τα άγονα εδάφη, η σκόνη, οι αυξημένες τιμές των αέριων, των εδαφικών ρύπων και των ρύπων του υδροφόρου ορίζοντα δημιουργούν ένα ιδιαιτέρως επιφορτισμένο μικροκλίμα.

Σαφώς όμως, οι κλιματολογικές συνθήκες είναι καθοριστικές στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και δεν γίνεται λόγος, μόνο στην ηλιοφάνεια που αναμενόμενα καθορίζει την φωτοβολταϊκή ισχύ, αλλά και στην θερμοκρασία, την υγρασία και το ποσοστό βροχόπτωσης, παράγοντας που καθένας με την σειρά του καθορίζει έναν αριθμό συντελεστών με στόχο μια ρεαλιστική προσέγγιση του αποτελέσματος.

Συντελεστές απόδοσης

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων και λαμβάνονται υπ' όψη στις μετρήσεις είναι οι ακόλουθοι:

i. Η βαθμονόμηση του πλαισίου

Η κυριότερη μεταβολή των αποτελεσμάτων έγκειται στο γεγονός ότι το φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι βαθμονομημένο σε συγκεκριμένες συνθήκες ηλιοφάνειας όπως οι *stc standard test conditions* μάζα αέρα 1,5 καθαρό ουρανό 20 βαθμούς Κελσίου στο περιβάλλον καθορίζοντας έτσι την ισχύ κορυφής W_p . Όπως είναι λογικό όμως οι αλλαγή των περιβαλλοντικών συνθηκών θα φέρει διαφορετικά αποτελέσματα. Για αυτό το αίτιο δεν υπάρχει κάποιος συντελεστής πέρα από τον ήλιο.

Η προαναφερθείσα μελέτη "STC" βαθμονόμηση το πλαίσιο όπως είπαμε με βάση την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Όμως γνωρίζουμε ότι η έκθεση του πλαισίου στον ήλιο και η μαύρη επιφάνεια αλλά και ο τρόπος που είναι τοποθετημένο ένα πλαίσιο επηρεάζουν την θερμοκρασία και το καθιστούν αδύνατο να έχει την ίδια θερμοκρασία με το περιβάλλον. Η βαθμονόμηση του πλαισίου με το σύστημα "PTC PV USA TEST CONDITIONS" λαμβάνει την θερμοκρασία του πλαισίου σαν δεδομένο στους 25 βαθμούς Κελσίου, όταν του περιβάλλοντος είναι 20 βαθμοί Κελσίου. Μετά από υπολογισμούς για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά της χώρας μας, η βιβλιογραφία προτείνει 12% μείωση, ή αλλιώς 88% * ονομαστική ισχύ.

Ο θερμοκρασιακός παράγοντας ωστόσο μπορεί να υπολογιστεί αναλυτικότερα με τον τύπο: $\sigma_{\theta} = 1 - [(T_{\mu} + 30^{\circ}C) - 25^{\circ}C] \cdot 0,004 / ^{\circ}C$

*Όπου σ_{θ} είναι ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης.
Και T_{μ} είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία.*

ii. Η σωματιδιακή ρύπανση

Πρόκειται για έναν άλλο συντελεστή μείωσης της παραχθείσας ισχύος. Ειδικά δε σε βιομηχανικές περιοχές, όπως είναι η περιοχή του ΧΥΤΑ της Φυλής, όπου, τόσο ο δρόμος και το έδαφος, όσο και ο αέρας είναι ποτισμένος από αμμώδες χώμα (λεπτόκοκκο) που χρησιμοποιείται για την ταφή των απορριμμάτων περιμετρικά του βιομηχανικού χώρου. Ενώ εντός της μονάδας, οι ρύποι από την καμινάδα και τα αέρια της κομποστοποίησης της παρακείμενης μονάδας μένουν χαμηλά, όταν αυξάνεται η υγρασία προκαλώντας στα πλαίσια μεγάλη εναπόθεση σωματιδίων στις επιφάνειες συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας.

Επιπρόσθετα, χειρότερες συνθήκες επικρατούν στα πλαίσια που εγκαθίστανται στην μονάδα καύσης. Ο ρυπαντικός παράγοντας θα είναι ιδιαίτερα αυξημένος στα πλαίσια που τοποθετούνται όμορα της καμινάδας μετάκαυσης, στα οποία θα επικάθονται σωματίδια ρυπαντικής προέλευσης στις ειδικές περιπτώσεις που λειτουργεί αυτή η καμινάδα.

Κατά συνέπεια, η μείωση στην τελική ακτινοβολία κυμαίνεται μεταξύ του 5% με 15%, αποτέλεσμα που οφείλεται σε φαινόμενα ανάκλασης ή απορρόφησης της ακτινοβολίας από τα σωματίδια σκόνης -soiling-. Τα πλαίσια που τοποθετούνται με μεγάλη κλίση έχουν το μικρότερο πρόβλημα μιας και αυξάνεται η δυνατότητα ή πιθανότητα αυτοκαθαρισμού. Ωστόσο, η κλίση των στεγών του Αποτεφρωτήρα είναι μικρή και αυτό δυσχεραίνει την κατάσταση. Σε γενικές γραμμές, σε αστικό περιβάλλον, η μείωση της παραγόμενης ισχύος θεωρείται κοντά στο 7%. Βέβαια, σε τοποθεσία σαν αυτή που περιγράφηκε παραπάνω, μαζί με έκτακτες συνθήκες, όπως η γύρη την άνοιξη, καθώς και η παράλειψη του τακτικού καθαρισμού, το ποσοστό απωλειών μπορεί να ξεπεράσει το 15%. Συγκεντρωτικά, ο συντελεστής σωματιδιακής ρύπανσης μπορεί να πάρει της ακόλουθες τιμές:

| Συντελεστής ρύπανσης | |
|-----------------------------------|--|
| $\sigma_p=0,95$ | για καθαρή περιοχή ή πλαίσια που καθαρίζονται συχνά. |
| $\sigma_p=0,90$ | για ελαφρώς σκονισμένα πλαίσια. |
| $\sigma_p=0,80$ | για ακάθαρτα ή και οριζόντια πλαίσια. |

iii. Ηλεκτρικές απώλειες

Μια τυπική, και όχι δυσλειτουργική, εγκατάσταση έχει αποδεκτά όρια απωλειών 1-3%. Ενώ μετά από μακροχρόνια λειτουργία σε εγκαταστάσεις σε βιομηχανικό και θαλάσσιο περιβάλλον μπορεί να είναι της τάξεως 5-7%.

- ▶ Στις ηλεκτρικές απώλειες συγκαταλέγονται οι ωμικές απώλειες των καλωδιώσεων εναλλασσόμενου και συνεχούς. Μια προσπάθεια αντιμετώπισης αυτού είναι η χρησιμοποίηση μεγάλων διατομών καλωδίων, τα οποία αυξάνουν το αρχικό κόστος μεν, αλλά έχουν καλύτερα αποτελέσματα.
- ▶ Οι απώλειες, λόγω διαφορετικών ηλεκτρικών μεγεθών ανάμεσα σε παράλληλες συστοιχίες που εντάσσονται στον ίδιο αλγόριθμο mppt. Αυτές οι διαφοροποιήσεις προέρχονται, γιατί ακόμα και πλαίσια του ίδιου κατασκευαστή και της ίδιας μάρκας δεν είναι πανομοιότυπα. Επίσης μπορεί να υπάρχουν στο ίδιο πλαίσιο, διαφορετικοί σκιασμοί, κλίσεις και προσανατολισμός.

iv. Απώλειες εξαιτίας της μετατροπής από dc σε ac

Οι απώλειες αυτές είναι της τάξης των 2-4% και συνήθως εκδηλώνονται υπό μορφή θερμότητας στον αντιστροφέα. Μια τυπική τιμή τέτοιων απωλειών είναι 4%.

v. Απώλειες λόγω γήρανσης.

Με την πάροδο του χρόνου τα φωτοβολταϊκά πλαίσια υπόκεινται σε γήρανση με τυπικό ποσοστό μείωσης 1% τον χρόνο.

Συνεπώς, κατά την μελέτη της μια φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε περίοδο λειτουργίας 20 έτη, ο μέσος συντελεστή γήρανσης είναι $\sigma_{\gamma}=0,9$.

vi. Απώλειες από την κλίση και τον προσανατολισμό πλαισίου

Η απώλεια στην περίπτωση της κλίσης 10 μοιρών έχει υπολογιστεί αυτόματα από το διαδικτυακό, ελεύθερο λογισμικό "PVGIS", ενώ για το αζιμούθιο γίνεται γραμμική παρεμβολή.

| Γωνίας κλίσης: | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | Προσανατολισμός |
|--------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----------------|
| Παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύς (%) | 89% | 97% | 100% | 97% | 88% | 56% | N |
| | 89% | 97% | 99% | 96% | 87% | 57% | N-NA, N-NΔ |
| | 89% | 95% | 96% | 93% | 85% | 59% | NA, NΔ |
| | 89% | 92% | 91% | 87% | 79% | 57% | A-NA, Δ-NΔ |
| | 89% | 88% | 84% | 78% | 70% | 51% | A, Δ |

Σκιάσεις

Οι σκιάσεις, όπως αναφέρθηκε στα πρώτα στάδια της μελέτης (βλ. Σύλληψη της Ιδέας-*Brainstorming*) έχουν βαρυσήμαντο ρόλο, μαζί με τα οικονομικά κριτήρια, στον καθορισμό των χώρων που θα εγκατασταθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Αυτό συμβαίνει γιατί **τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, συνδεδεμένα μεταξύ τους σε σειρά, μοιράζονται το ίδιο ρεύμα, το οποίο καθορίζεται από την μικρότερη δυνατή τιμή.** Στην περίπτωση δηλαδή που μία συστοιχία²³, δεν υπεισέρχεται κάποιου άλλου είδους δυσλειτουργία, η ηλεκτρική παραγωγή της καθορίζεται από το περισσότερο σκιασμένο φωτοβολταϊκό. Επιπλέον ένας λανθάνον τοπικός σκιασμός σε ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο, έστω και σε μία κυψέλη της στοιχειοσειράς²⁴ είναι ικανός να δημιουργήσει **το φαινόμενο “Hot spot”** προκαλώντας την γήρανση του εν λόγω πλαισίου ή ακόμα και την καταστροφή του.

Σαφώς κατά την επιλογή των θέσεων εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών έγινε αναλυτική μελέτη της σκίασης με το λογισμικό 3D MAX, ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν υπάρχουν τοπικοί σκιασμοί από δέντρα, καμινάδες, στηθαία και άλλα κτίρια κατά την περίοδο υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας, τις ώρες 9:00 έως 15:00.

Περιγραφικά, **τα αποτελέσματα της μελέτης σκιάσεων** αναλύονται ως εξής: Από την ανατολή του ηλίου έως και την δύση καμία εγκατάσταση δεν παρουσιάζει σκιασμούς εκτός από το κτίριο διοίκησης και τον χώρο προσωρινής αποθήκευσης. Ειδικότερα, κατά τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο Σεπτέμβρη, Οκτώβρη, Νοέμβρη και Δεκέμβρη παρατηρείται **τοπική σκίαση** έως τις δέκα το πρωί και από τις τρεις το απόγευμα και ύστερα στους χώρους του κτιρίου διοίκησης και του χώρου προσωρινής αποθήκευσης αντίστοιχα. Επιπλέον, τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η τοπική σκίαση στο κτίριο διοίκησης είναι ελάχιστη και σταματά πριν τις δέκα το πρωί. Επιπρόσθετα, η στέγη του χώρου προσωρινής αποθήκευσης σκιάζεται προς τα δυτικά, στο σημείο που συνορεύει με την ψηλότερη κατασκευή του χώρου καύσης. Προφανώς λοιπόν το συγκεκριμένο σημείο καθίσταται ακατάλληλο για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, όντας μόνιμα σκιασμένο.

Συγκεφαλαιώνοντας, παρατηρούνται σκιασμοί στις εγκαταστάσεις του χώρου προσωρινής αποθήκευσης και του κτιρίου διοίκησης, μετά τις τρεις το απόγευμα και πριν τις εννιά το πρωί (κατά κόρων), οπότε δεν τίθεται θέμα προβληματισμού μιας και όλες οι συστοιχίες θα έχουν χαμηλή παραγωγή ηλεκτρικής έντασης, οπότε δεν θα παρατηρούνται έντονα φαινόμενα τοπικής αύξησης της τάσης στα σκιασμένα πλαίσια. Φυσικά κατά την σύνδεση των πλαισίων με τους αντιστροφείς, τα πλαίσια θα πρέπει να ομαδοποιηθούν ανά είσοδο ημερησίως ανάλογα με τις συνθήκες σκίασης, εφόσον άλλα κριτήρια όπως διαφορετικές κλίσεις και προσανατολισμοί μεταξύ του κάθε τομέα δεν υφίστανται, με στόχο την μέγιστη παραγωγή κάθε συστοιχίας.

²³ Φωτοβολταϊκά πλαίσια ηλεκτρολογικό συνδεδεμένα σε σειρά

²⁴ Κυψέλες ή αλλιώς φωτοβολταϊκά στοιχεία, συνδεδεμένα σε σειρά που μαζί αποτελούν το φωτοβολταϊκό πλαίσιο.



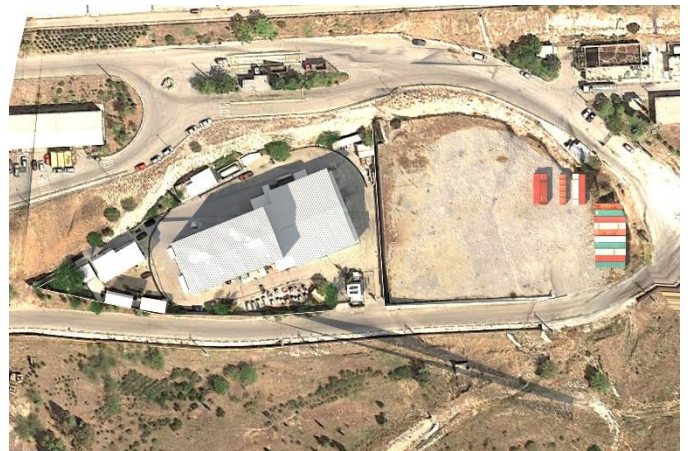
21 Ιανουαρίου 2019, ώρα 9:00



21 Ιανουαρίου 2019, ώρα 15:00



21 Φεβρουαρίου 2019, ώρα 9:00



21 Φεβρουαρίου 2019, ώρα 15:00



21 Μαρτίου 2019, ώρα 9:00



21 Μαρτίου 2019, ώρα 15:00



21 Απριλίου 2019, ώρα 9:00



21 Απριλίου 2019, ώρα 15:00



21 Μαΐου 2019, ώρα 9:00



21 Μαΐου 2019, ώρα 15:00



21 Ιουνίου 2019, ώρα 9:00



21 Ιουνίου 2019, ώρα 15:00



21 Ιουλίου 2019, ώρα 9:00



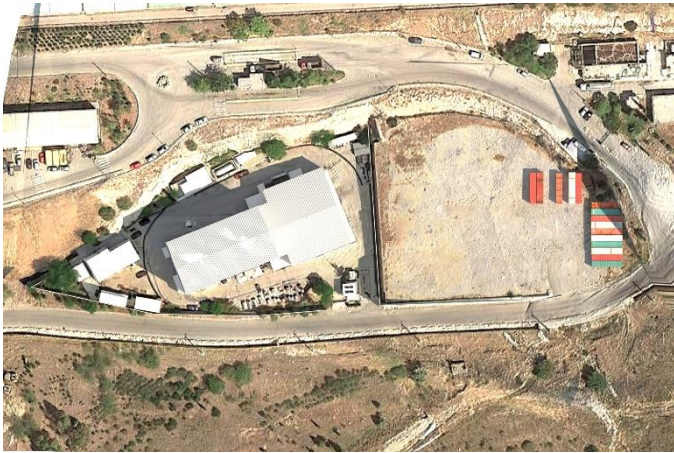
21 Ιουλίου 2019, ώρα 15:00



21 Αυγούστου 2019, ώρα 9:00



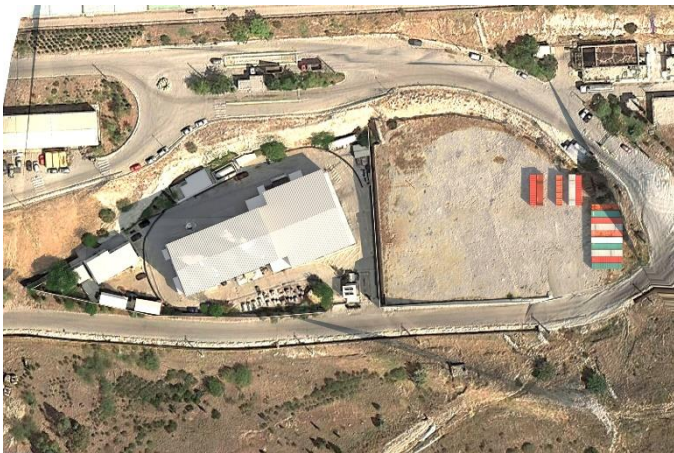
21 Αυγούστου 2019, ώρα 15:00



21 Σεπτεμβρίου 2019, ώρα 9:00



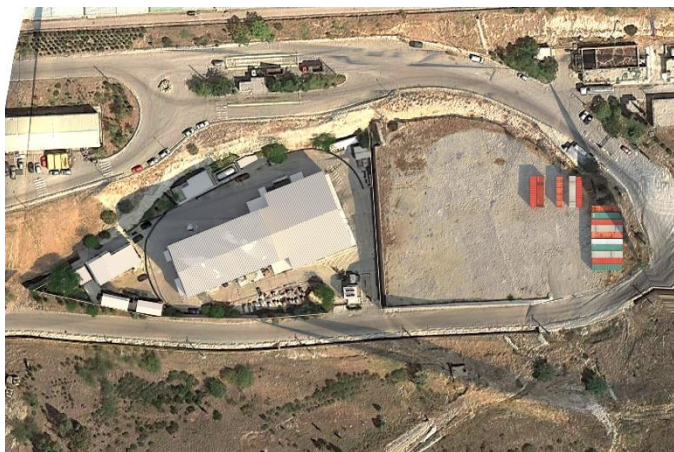
21 Σεπτεμβρίου 2019, ώρα 15:00



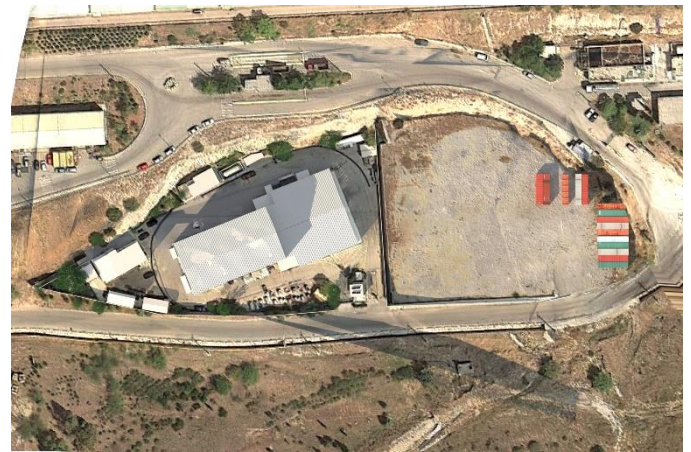
21 Οκτωβρίου 2019, ώρα 9:00



21 Οκτωβρίου 2019, ώρα 15:00



21 Νοεμβρίου 2019, ώρα 9:00



21 Νοεμβρίου 2019, ώρα 15:00



21 Δεκεμβρίου 2019, ώρα 9:00

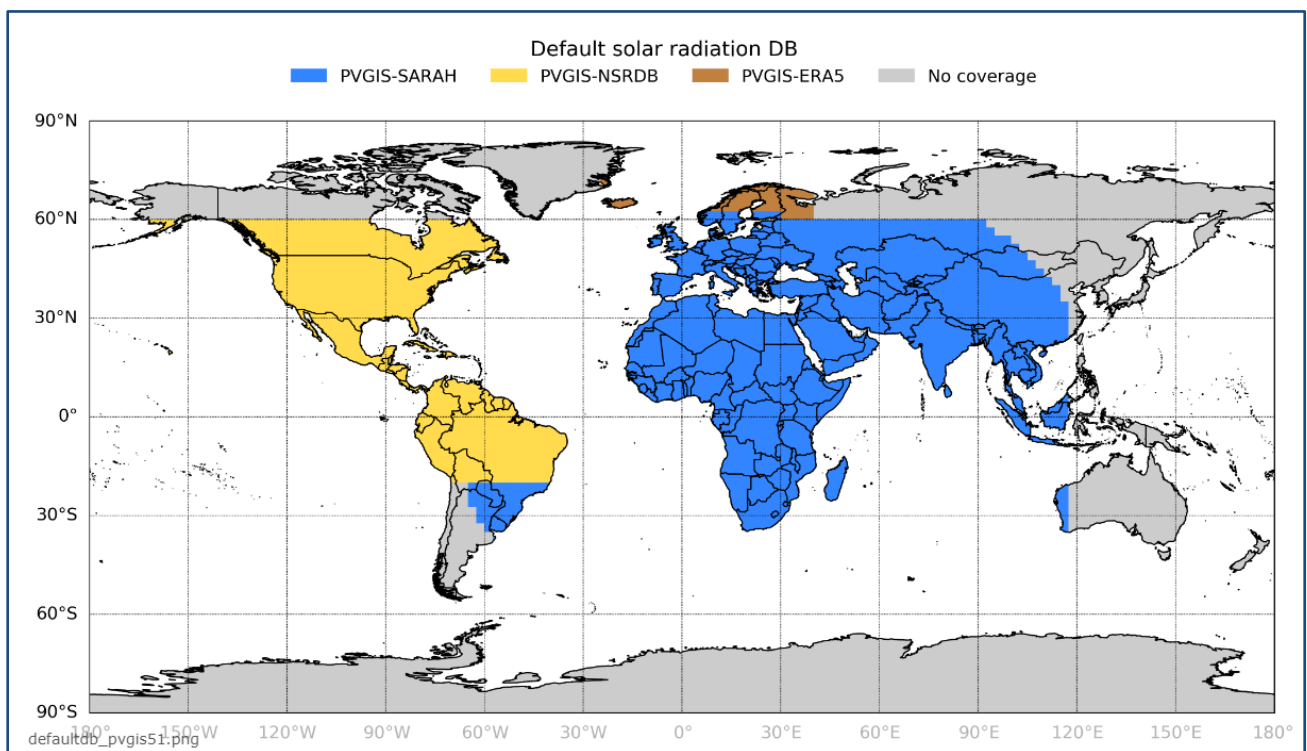


21 Δεκεμβρίου 2019, ώρα 15:00

Ηλιακά δεδομένα

Για την εύρεση και την ανάλυση των ηλιακών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το διαδικτυακό πρόγραμμα PVGIS²⁵.

Το PVGIS είναι ένα **διαδικτυακό ελεύθερο λογισμικό** δημιουργημένο από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής - European Commission Joint Research Centre (JRC)- το οποίο δίνει τη **δυνατότητα υπολογισμού της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκών συστημάτων** σε περιοχές ανά όλη την υφήλιο, διαμέσου της παροχής ηλιακών δεδομένων στο χρήστη. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογική πρόοδος οδήγησε σε περαιτέρω βελτίωση κι ακρίβεια αυτών των δεδομένων, αφού μόλις το 2017, έγινε η τελευταία επαν-ανάλυση των στοιχείων της προηγούμενης δεκαετίας, βασισμένη **στο μοντέλο αριθμητικής πρόβλεψης καιρού (NWP) COSMO της Γερμανικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Deutscher Wetterdienst)** ²⁶.



ix. Οι διάφορες βάσεις δεδομένων από τη χρήση των δορυφόρων και οι περιοχές εφαρμογής τους. Δεν συμπεριλαμβάνονται στον χάρτη μεταξύ άλλων, η βάση Δεδομένων "**pvgis cosmos**", η οποία εστιάζει στην Ευρώπη και στη Βόρειο Αφρική. Πηγή: <https://re.jrc.ec.europa.eu/>.

Συνεπώς, η χρήση του λογισμικού στην παρούσα μελέτη γίνεται για την αναπαραγωγή δεδομένων της ηλιακής ακτινοβολίας και την επίτευξη των μέγιστων τιμών της με την αξιοποίηση της βέλτιστης γωνίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων, όπως φαίνεται και στη συνέχεια.

²⁵ <https://re.jrc.ec.europa.eu/>

²⁶ Bollmeyer, C., Keller, J.D., Ohlwein, C., Wahl, S., Crewell, S., Friederichs, P., Hense, A., Keune, J., Kneifel, S., Pscheidt, I., Redl, S., Steinke, S.: Towards a high-resolution regional reanalysis for the European CORDEX system Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 2015, 141, 1-15.

Ειδικότερα τα ηλιακά δεδομένα που πρόσφερε το λογισμικό ήταν μέχρι την επανεξέταση του 2017, προερχόμενα από την ανάλυση των εικόνων από δορυφόρους και των στοιχείων από μετεωρολογικούς σταθμούς.

Βάση των κάτωθι συντεταγμένων από την βάση δεδομένων PVGIS-COSMO έλαβα σε μορφή CSV τις εξής τιμές ηλιακής ακτινοβολίας σε kWh/m² για διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης.

| | |
|---|--------------------|
| Βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας: | |
| Γεωγραφικό πλάτος (δεκαδικές μοίρες): | 38.071 |
| Γεωγραφικό μήκος (δεκαδικές μοίρες): | 23.659 |
| Βέλτιστη γωνία τοποθέτησης (μοίρες.): | 31 |
| Ηλιακή ακτινοβολία: | kWh/m ² |

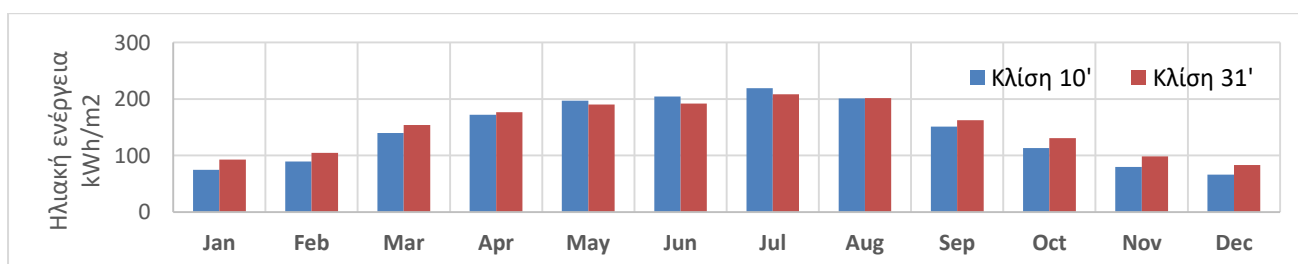
Όπου:

| | |
|-----------------------|---|
| H(h_0): | ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο σε kWh/m² |
| H(i_opt)_31: | ολική ηλιακή ακτινοβολία στην βέλτιστη γωνία των 31 μοιρών από το επίπεδο με την επιφάνεια να κοιτάει νότια |
| H(i)_38: | ολική ηλιακή ακτινοβολία σε γωνία των 31 μοιρών από το επίπεδο με την επιφάνεια να κοιτάει νότια |
| H(i)_32: | ολική ηλιακή ακτινοβολία σε γωνία 32 μοιρών από το επίπεδο με την επιφάνεια να κοιτάει νότια |
| H(i)_10: | ολική ηλιακή ακτινοβολία σε γωνία 10 μοιρών από το επίπεδο με την επιφάνεια να κοιτάει νότια |
| T_☉: | Η μέση θερμοκρασία του μήνα |

| year | month | H(h_0) | H(i_opt)_31 | H(i)_38 | H(i)_32 | H(i)_10 | T _☉ |
|------|-------|--------|-------------|---------|---------|---------|----------------|
| 2009 | Jan | 56,77 | 80,39 | 83,51 | 80,86 | 65,84 | 11,8 |
| 2009 | Feb | 86,15 | 116,23 | 119,68 | 116,77 | 98,11 | 9,9 |
| 2009 | Mar | 123,35 | 147,41 | 148,65 | 147,67 | 134,12 | 12,1 |
| 2009 | Apr | 138,03 | 145,92 | 143,71 | 145,71 | 143,61 | 14,2 |
| 2009 | May | 187,7 | 184,03 | 177,98 | 183,33 | 190,65 | 18,9 |
| 2009 | Jun | 207,75 | 195,68 | 187,2 | 194,67 | 208,52 | 23,2 |
| 2009 | Jul | 211,62 | 203,68 | 195,75 | 202,76 | 213,93 | 26,1 |
| 2009 | Aug | 195,56 | 204,31 | 199,96 | 203,86 | 203,24 | 25,1 |
| 2009 | Sep | 126,71 | 144,83 | 144,82 | 144,92 | 135,55 | 21,7 |

| | | | | | | | |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 2009 | Oct | 98,89 | 128,02 | 130,87 | 128,49 | 110,86 | 19,1 |
| 2009 | Nov | 73,78 | 109,53 | 114,38 | 110,25 | 87,4 | 16 |
| 2009 | Dec | 51,37 | 74,66 | 77,88 | 75,14 | 60,21 | 13,9 |
| 2010 | Jan | 60,1 | 84,36 | 87,54 | 84,83 | 69,43 | 10,8 |
| 2010 | Feb | 80,87 | 107,98 | 111,02 | 108,46 | 91,71 | 12,4 |
| 2010 | Mar | 128,65 | 154,71 | 156,06 | 154,99 | 140,3 | 13,2 |
| 2010 | Apr | 177,89 | 193,04 | 190,67 | 192,85 | 187,15 | 15,4 |
| 2010 | May | 196,69 | 193,88 | 187,6 | 193,16 | 200,25 | 19,2 |
| 2010 | Jun | 187,59 | 176,82 | 169,39 | 175,93 | 188,16 | 23 |
| 2010 | Jul | 211,98 | 203,69 | 195,69 | 202,75 | 214,17 | 25,8 |
| 2010 | Aug | 193,36 | 202,18 | 197,92 | 201,75 | 201,01 | 27,4 |
| 2010 | Sep | 140,8 | 162,35 | 162,41 | 162,46 | 151,26 | 22,9 |
| 2010 | Oct | 87,17 | 110,71 | 112,95 | 111,08 | 96,9 | 18,4 |
| 2010 | Nov | 69,45 | 98,65 | 102,45 | 99,22 | 80,71 | 17,7 |
| 2010 | Dec | 53,12 | 76,32 | 79,49 | 76,79 | 61,95 | 13 |
| 2011 | Jan | 60,05 | 86,23 | 89,75 | 86,76 | 70,06 | 10,6 |
| 2011 | Feb | 77,54 | 103,55 | 106,51 | 104,02 | 87,9 | 10,5 |
| 2011 | Mar | 127,9 | 152,42 | 153,61 | 152,67 | 138,93 | 11,4 |
| 2011 | Apr | 154,66 | 166,53 | 164,37 | 166,34 | 162,15 | 13,6 |
| 2011 | May | 191,43 | 187,82 | 181,64 | 187,11 | 194,52 | 17,1 |
| 2011 | Jun | 203,18 | 190,8 | 182,48 | 189,81 | 203,67 | 22,4 |
| 2011 | Jul | 220,9 | 212,19 | 203,76 | 211,2 | 223,22 | 26 |
| 2011 | Aug | 197,41 | 206,42 | 202,03 | 205,97 | 205,26 | 25,6 |
| 2011 | Sep | 155,26 | 182,76 | 183,34 | 182,96 | 168,22 | 23,8 |
| 2011 | Oct | 104,92 | 137,87 | 141,27 | 138,42 | 118,33 | 16,8 |
| 2011 | Nov | 80,04 | 119,81 | 125,24 | 120,62 | 95,17 | 12 |
| 2011 | Dec | 59,99 | 94,14 | 99,11 | 94,87 | 72,74 | 11,7 |
| 2012 | Jan | 69,51 | 104,74 | 109,68 | 105,47 | 82,82 | 8 |
| 2012 | Feb | 78,37 | 99,93 | 102,12 | 100,29 | 87,18 | 9,3 |
| 2012 | Mar | 137,75 | 166,91 | 168,53 | 167,23 | 150,69 | 12,2 |
| 2012 | Apr | 163,45 | 175,26 | 172,84 | 175,05 | 171,12 | 15,6 |
| 2012 | May | 193,23 | 190,23 | 184,04 | 189,52 | 196,61 | 18,6 |
| 2012 | Jun | 221,53 | 208,23 | 198,95 | 207,12 | 222,31 | 24,6 |
| 2012 | Jul | 221,37 | 212,73 | 204,28 | 211,74 | 223,75 | 27,4 |
| 2012 | Aug | 193,25 | 202,15 | 197,92 | 201,72 | 200,93 | 27,1 |
| 2012 | Sep | 145,72 | 169,94 | 170,27 | 170,09 | 157,28 | 24,1 |
| 2012 | Oct | 102,41 | 132,16 | 135,05 | 132,63 | 114,65 | 21,3 |
| 2012 | Nov | 63,22 | 89,72 | 93,16 | 90,24 | 73,45 | 16,6 |
| 2012 | Dec | 54,2 | 81,04 | 84,83 | 81,6 | 64,32 | 11,6 |
| 2013 | Jan | 63,2 | 91,47 | 95,3 | 92,04 | 73,98 | 10,9 |
| 2013 | Feb | 71,64 | 92,97 | 95,25 | 93,34 | 80,26 | 11,5 |
| 2013 | Mar | 122,81 | 145,15 | 146,16 | 145,38 | 132,92 | 13,2 |
| 2013 | Apr | 176,68 | 190,84 | 188,28 | 190,62 | 185,6 | 16 |

| | | | | | | | |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 2013 | May | 194,8 | 191,39 | 185,08 | 190,67 | 198,1 | 20,2 |
| 2013 | Jun | 204,21 | 192,47 | 184,23 | 191,49 | 204,94 | 23,2 |
| 2013 | Jul | 218,87 | 210,38 | 202,1 | 209,41 | 221,18 | 25,7 |
| 2013 | Aug | 197,24 | 205,8 | 201,37 | 205,34 | 204,9 | 26,2 |
| 2013 | Sep | 145,94 | 169,68 | 169,99 | 169,83 | 157,29 | 23,7 |
| 2013 | Oct | 112,19 | 148,38 | 152,19 | 148,99 | 126,86 | 19 |
| 2013 | Nov | 63,08 | 90,21 | 93,76 | 90,74 | 73,52 | 16,1 |
| 2013 | Dec | 54,57 | 83,49 | 87,65 | 84,1 | 65,42 | 10,6 |
| 2014 | Jan | 59,58 | 86,94 | 90,67 | 87,5 | 69,99 | 12,3 |
| 2014 | Feb | 76,61 | 100,08 | 102,58 | 100,47 | 86,09 | 12,2 |
| 2014 | Mar | 134,47 | 163,27 | 164,9 | 163,6 | 147,24 | 12,7 |
| 2014 | Apr | 150,59 | 161,38 | 159,22 | 161,19 | 157,56 | 15 |
| 2014 | May | 197,3 | 194,57 | 188,3 | 193,86 | 200,9 | 18,2 |
| 2014 | Jun | 198,68 | 187,15 | 179,14 | 186,2 | 199,35 | 23,2 |
| 2014 | Jul | 208,96 | 200,28 | 192,34 | 199,35 | 210,92 | 25,4 |
| 2014 | Aug | 187,82 | 196,01 | 191,87 | 195,58 | 195,07 | 27 |
| 2014 | Sep | 138,42 | 160,64 | 160,92 | 160,78 | 149,04 | 23 |
| 2014 | Oct | 101,15 | 129,83 | 132,56 | 130,28 | 113 | 18,8 |
| 2014 | Nov | 64,59 | 89,35 | 92,46 | 89,82 | 74,23 | 15,7 |
| 2014 | Dec | 53,97 | 80,79 | 84,58 | 81,35 | 64,07 | 12,7 |
| 2015 | Jan | 63,77 | 92,82 | 96,79 | 93,41 | 74,83 | 10,5 |
| 2015 | Feb | 78,96 | 107,62 | 110,98 | 108,14 | 90,3 | 9,8 |
| 2015 | Mar | 111,86 | 132,28 | 133,21 | 132,48 | 121,08 | 11,9 |
| 2015 | Apr | 172,12 | 186,12 | 183,76 | 185,92 | 180,8 | 14,2 |
| 2015 | May | 200,09 | 197,37 | 190,99 | 196,65 | 203,77 | 19,1 |
| 2015 | Jun | 182,88 | 171,85 | 164,61 | 170,98 | 183,17 | 21,4 |
| 2015 | Jul | 221,26 | 212,54 | 204,09 | 211,55 | 223,59 | 25,9 |
| 2015 | Aug | 188,64 | 196,71 | 192,52 | 196,28 | 195,87 | 26,1 |
| 2015 | Sep | 138,22 | 159,74 | 159,83 | 159,86 | 148,65 | 24,3 |
| 2015 | Oct | 99,63 | 128,45 | 131,25 | 128,9 | 111,49 | 19,3 |
| 2015 | Nov | 76,65 | 114,22 | 119,32 | 114,98 | 90,97 | 16,3 |
| 2015 | Dec | 65,61 | 104,54 | 110,26 | 105,37 | 80,1 | 10,8 |



Για την ευκολότερη διαχείριση των δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας ακολούθησε υπολογισμός του **μέσου όρου** του κάθε μήνα και του κάθε χρόνου για τις γωνίες που αφορούν την μελέτη (10, 31). Επιπλέον, έγινε υπολογισμός της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία δια των αριθμό των ημερών).

| Έτος /Μήνας | Ιαν | Φεβ | Μαρτ | Απρ | Μαι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ | Σεπτ | Οκτ | Νοεμ | Δεκ | Ετήσια ακτινοβολία |
|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------------------|
| 2005 | 75,16 | 91,63 | 137,08 | 187,02 | 187,9 | 207 | 216,33 | 198,79 | 146,76 | 114,43 | 76,35 | 62 | 1700,45 |
| 2006 | 75,28 | 85,04 | 137,76 | 164,6 | 212,74 | 210,69 | 218,11 | 203,81 | 148,07 | 102,54 | 87,09 | 70,44 | 1716,17 |
| 2007 | 86,27 | 81,97 | 149,77 | 180,72 | 178,75 | 204,89 | 227,83 | 197,38 | 158,94 | 115,05 | 66,24 | 61,33 | 1709,14 |
| 2008 | 77,78 | 103,2 | 147,95 | 172,62 | 200,97 | 217,12 | 219,17 | 203,38 | 139,67 | 123,96 | 74,86 | 63,43 | 1744,11 |
| 2009 | 65,84 | 98,11 | 134,12 | 143,61 | 190,65 | 208,52 | 213,93 | 203,24 | 135,55 | 110,86 | 87,4 | 60,21 | 1652,04 |
| 2010 | 69,43 | 91,71 | 140,3 | 187,15 | 200,25 | 188,16 | 214,17 | 201,01 | 151,26 | 96,9 | 80,71 | 61,95 | 1683 |
| 2011 | 70,06 | 87,9 | 138,93 | 162,15 | 194,52 | 203,67 | 223,22 | 205,26 | 168,22 | 118,33 | 95,17 | 72,74 | 1740,17 |
| 2012 | 82,82 | 87,18 | 150,69 | 171,12 | 196,61 | 222,31 | 223,75 | 200,93 | 157,28 | 114,65 | 73,45 | 64,32 | 1745,11 |
| 2013 | 73,98 | 80,26 | 132,92 | 185,6 | 198,1 | 204,94 | 221,18 | 204,9 | 157,29 | 126,86 | 73,52 | 65,42 | 1724,97 |
| 2014 | 69,99 | 86,09 | 147,24 | 157,56 | 200,9 | 199,35 | 210,92 | 195,07 | 149,04 | 113 | 74,23 | 64,07 | 1667,46 |
| 2015 | 74,83 | 90,3 | 121,08 | 180,8 | 203,77 | 183,17 | 223,59 | 195,87 | 148,65 | 111,49 | 90,97 | 80,1 | 1704,62 |
| Μέσος Μήνας | 74,68 | 89,40 | 139,80 | 172,09 | 196,83 | 204,53 | 219,29 | 200,88 | 150,98 | 113,46 | 80,00 | 66,00 | 1707,93 |
| Μέση ημέρα | 2,41 | 3,19 | 4,51 | 5,74 | 6,35 | 6,82 | 7,07 | 6,70 | 4,87 | 3,66 | 2,67 | 2,13 | 4,68 |
| H(i)_10 | | | | | | | | | | | | | |

| Έτος /Μήνας | Ιαν | Φεβ | Μαρτ | Απρ | Μαι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ | Σεπτ | Οκτ | Νοεμ | Δεκ | Ετήσια ακτινοβολία |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| 2005 | 93,65 | 107,6 | 151,32 | 192,71 | 181,91 | 194,12 | 205,63 | 199,8 | 156,78 | 132 | 93,75 | 77,4 | 1786,67 |
| 2006 | 94,14 | 99,13 | 151,03 | 169 | 205,47 | 197,35 | 207,54 | 204,85 | 158,45 | 117,12 | 108,64 | 89,38 | 1802,1 |
| 2007 | 109,68 | 94,77 | 166,78 | 185,81 | 172,79 | 192,42 | 216,59 | 198,23 | 171,98 | 132,09 | 79,49 | 76,68 | 1797,31 |
| 2008 | 97,26 | 121,63 | 164,33 | 176,83 | 194,03 | 203,54 | 208,39 | 204,32 | 149,14 | 144,31 | 90,94 | 79,29 | 1834,01 |
| 2009 | 80,39 | 116,23 | 147,41 | 145,92 | 184,03 | 195,68 | 203,68 | 204,31 | 144,83 | 128,02 | 109,53 | 74,66 | 1734,69 |
| 2010 | 84,36 | 107,98 | 154,71 | 193,04 | 193,88 | 176,82 | 203,69 | 202,18 | 162,35 | 110,71 | 98,65 | 76,32 | 1764,69 |
| 2011 | 86,23 | 103,55 | 152,42 | 166,53 | 187,82 | 190,8 | 212,19 | 206,42 | 182,76 | 137,87 | 119,81 | 94,14 | 1840,54 |
| 2012 | 104,74 | 99,93 | 166,91 | 175,26 | 190,23 | 208,23 | 212,73 | 202,15 | 169,94 | 132,16 | 89,72 | 81,04 | 1833,04 |
| 2013 | 91,47 | 92,97 | 145,15 | 190,84 | 191,39 | 192,47 | 210,38 | 205,8 | 169,68 | 148,38 | 90,21 | 83,49 | 1812,23 |
| 2014 | 86,94 | 100,08 | 163,27 | 161,38 | 194,57 | 187,15 | 200,28 | 196,01 | 160,64 | 129,83 | 89,35 | 80,79 | 1750,29 |
| 2015 | 92,82 | 107,62 | 132,28 | 186,12 | 197,37 | 171,85 | 212,54 | 196,71 | 159,74 | 128,45 | 114,22 | 104,54 | 1804,26 |
| Μέσος Μήνας | 92,88 | 104,68 | 154,15 | 176,68 | 190,32 | 191,86 | 208,51 | 201,89 | 162,39 | 130,99 | 98,57 | 83,43 | 1796,35 |
| Μέση ημέρα | 3,00 | 3,74 | 4,97 | 5,89 | 6,14 | 6,40 | 6,73 | 6,73 | 5,24 | 4,23 | 3,29 | 2,69 | 4,92 |
| H(i)_31 | | | | | | | | | | | | | |

Κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων

| Στοιχεία εγκατάστασης | ΣΤΕΓΗ | | | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | Κοντέινερ τεχνιτών | Κοντέινερ αποθήκης | Χώρος καύσης | Χώρος αποθήκευσης | Φ/Β πάρκινγκ |
| Εμβαδόν (τ.μ) | 23,0 | 39,0 | 129,7 | 733,2 | 196,8 |
| Κάθετη ΒΝ (m) | 2,355 | 3,68 | 10,46 | 29,72 | 4,92 |
| Οριζόντια ΑΔ (m) | 9,76 | 10,62 | 12,48 | 24,66 | 40 |
| Κλίση (β) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Προσανατολισμός | 10 | 12 | -21 | -21 | -4 |

| Στοιχεία εγκατάστασης | ΔΩΜΑ | | |
|-----------------------|------------------|-----------|-----------|
| | Κτίριο Διοίκησης | Φυλάκιο | Φ/Β πάρκο |
| Εμβαδόν (τ.μ) | 73,8 | 12,9 | 3445,9 |
| Κάθετη ΒΝ (m) | 6,62 | 3,4 | 66,81 |
| Οριζόντια ΑΔ (m) | 11,15 | 3,8 | 51,63 |
| Κλίση (β) | 31 | 31 | 31 |
| Προσανατολισμός | -30 | -4 | 0 |

Η κλίση των πλαισίων και ο προσανατολισμός τους διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στο εάν η επένδυση στην εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών θα είναι οικονομικά βιώσιμη.

Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό, εάν παρατηρηθεί οποιαδήποτε αξιόπιστη βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας για τις διάφορες γωνίες.

Για παράδειγμα από τα στοιχεία της βάσης δεδομένων COSMOS για το έτος 2005 έχουμε συνολικά για την κάθε γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας

| Έτος 2005 | H(h)_0 | H(i_opt)_31 | H(i)_38 | H(i)_32 | H(i)_10 |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Σύνολο | 1602,36 | 1786,67 | 1776,18 | 1786,42 | 1700,45 |

Καθίσταται ξεκάθαρο λοιπόν ότι για την γωνία 31 μοιρών ο φωτοβολταϊκός συλλέκτης θα έχει μεγαλύτερη ηλιακή ενέργεια διαθέσιμη προς μετατροπή, παρουσιάζοντας κατά συνέπεια, και την υψηλότερη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Συμπερασματικά, για την επιλογή της βέλτιστης κλίσης της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών στο έδαφος και στα δώματα χρησιμοποιήθηκε η γωνία των 31 μοιρών, ενώ, για την κλίση των φωτοβολταϊκών σε στέγες επιλέχθηκε η γωνία των 10 μοιρών δηλαδή όμοια με των υπάρχουσών βιομηχανικών στεγών, καθώς υπαγορεύεται κι από την κείμενη νομοθεσία για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε στέγες²⁷.

²⁷ ΦΕΚ 376 ΑΑΠ, 06/09/2010, άρθρο 3, παράγραφος 3: "(...)Σε περίπτωση τοποθέτησης σε στέγη, αυτή θα πρέπει να γίνεται εντός του περιγράμματος της στέγης, ακολουθώντας την κλίση της, ώστε να εξασφαλίζεται η αισθητική εικόνα του κτιρίου."

Επιλογή φωτοβολταϊκού πλαισίου

Η εύρεση του κατάλληλου φωτοβολταϊκού πλαισίου αποτελεί μια πολυπρισματική επιλογή, ζωτικής σημασίας για την επένδυση. Αυτό συμβαίνει γιατί αποτελεί την γεννήτρια που παράγει το καρποφόρο κι επικερδές ρεύμα, αποτελώντας την βάση της επένδυσης. Συνεπώς, οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται είναι πολλές, γεγονός που χαρακτηρίζει την επιλογή του αυστηρή.

Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή ενός πλαισίου για φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι τα εξής:

1. Καταρχάς, η απόφαση που πρέπει να ληφθεί αφορά την **επιλογή του είδους του φωτοβολταϊκού πλαισίου** σχετικά με την τεχνολογία κατασκευής του. Αναφορικά οι **τρεις** μεγαλύτερες κατηγορίες φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι οι **μονοκρυσταλλικού πυριτίου, πολυκρυσταλλικού πυριτίου** και αυτή του **λεπτού υμενίου** (που το υλικό της εξαρτάται από την τεχνολογία παραγωγής και μπορεί να είναι άμορφου πυριτίου, τελουρίου-καδμίου κ.α). Τα διαφορετικά είδη είναι κατάλληλα για διαφορετικές εφαρμογές. Γενικά, η τελευταία ομάδα δεν έχει μεγάλη απόδοση, 6 έως 14 %, ανάλογα το είδος, οπότε δεν είθισται να επιλέγεται όταν απαιτείται μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίθετα, χρησιμοποιείται για τα πλεονεκτήματα που έχει έναντι των άλλων τεχνολογιών, όπως η ελασιμότητα του, η χαμηλή θερμοκρασιακή εξάρτηση της αποδιδόμενης ισχύος του και η αντοχή του σε τοπικούς σκισμούς.

Από την άλλη, η τεχνολογία πυριτίου είναι η κυρίαρχη από θέμα αποδόσεων. Μεταξύ αυτών, η ανάδειξη του μονοκρυσταλλικού έναντι του πολυκρυσταλλικού σε θέμα ποιότητας δεν υφίσταται πλέον με τις τεχνολογικές εξελίξεις που διακατέχουν την διαδικασία παραγωγής του τελευταίου, προϋποθέτοντας πάντα αξιόπιστη παραγωγό εταιρία. Η μόνη διαφορά που μπορεί να παρατηρηθεί έγκειται στον βαθμό απόδοσης τους, όπου και εδώ τα πολυκρυσταλλικά σε πολλές περιπτώσεις αγγίζουν τους ίδιους βαθμούς απόδοσης με τα μονοκρυσταλλικά της τάξης του 19%.

2. Το κόστος του πλαισίου είναι ένας καθοριστικός παράγοντας επιλογής μιας και αποτελεί το μεγαλύτερο χρηματικό ποσοστό του αρχικού κεφαλαίου της επένδυσης. Μετά από μια υποτυπώδη έρευνα διαδικτυακής αναζήτησης και κατόπιν επικοινωνίας με εταιρίες κατασκευής και εμπορίας φ/β, επαληθεύεται η νεότερη βιβλιογραφία που διαπιστώνει ότι το κόστος αγοράς πλαισίου μονοκρυσταλλικού πυριτίου, έναντι του πολυκρυσταλλικού πυριτίου, δεν αντισταθμίζει την μεγαλύτερη, κατά περίπτωση, απόδοση του. Γεγονός που πιθανώς οφείλεται στην διαδικασία παραγωγής του και στην εγχώρια ελεύθερη αγορά. **Κάτωθι δίδεται πίνακας με την καταγραφή του κόστους ανά βαθμό απόδοσης και του κόστους ανά μοναδιαία ισχύ.**

3. Η εύρεση της ποιότητας των φωτοβολταϊκών γεννητριών σε μία εγκατάσταση είναι υψίστης σημασίας και η πλέον δυσκολότερη να γίνει αντιληπτή. Παρόλ' αυτά, υπάρχουν μερικοί τρόποι εξέτασης της ποιότητας ενός πλαισίου, οι οποίοι μπορούν να χωριστούν σε

παράγοντες άμεσα συνυφασμένους με την πολιτική της κατασκευάστριας εταιρίας, την κατάταξη της στον χώρο της βιομηχανίας, αλλά και από την ποιότητα του τρόπου παραγωγής του εκάστοτε πλαισίου που μπορεί αντίστοιχα να γίνει αντιληπτό από την παρατήρηση των εγγυήσεων που φέρει το κάθε πλαίσιο.

Αναλυτικότερα, μία μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί για μία βασική ένδειξη της ποιότητας του υποψήφιου πάνελ είναι η επιλογή κατασκευάστριας εταιρίας υψηλής κατάταξης στον κλάδο (tier 1). Φυσικά αυτό δεν εγγυάται και δεν πρέπει να συγχέεται άμεσα με την ποιότητα του πλαισίου, μιας και η κατάταξη της εκάστοτε εταιρίας είναι απλά ένας βαθμός που χρησιμοποιούν οι τράπεζες για την επιλογή πλαισίων και εξοπλισμού σε επενδύσεις φωτοβολταϊκών πάρκων πολλών εκατομμυρίων και σχετίζεται άμεσα με την οικονομική δυναμικότητα της εταιρίας.

Ένας άλλος καθοριστικός ρόλος που μπορεί να συμβάλλει η κατασκευάστρια εταιρία στην διαμόρφωση της καλής ποιότητας είναι ο χρόνος αντίδρασης της σε περίπτωση βλάβης που καλύπτεται από την ασφάλεια. Εφόσον δεν έχουν όλες τον ίδιο χρόνο απόκρισης που μπορεί να κυμαίνεται από μέρες, έως και μήνες, η επιλογή της κατάλληλης εταιρίας είναι κρίσιμη. Για την επιλογή τέτοιας εταιρίας συνιστάται η πληροφόρηση από έμπειρους κι έμπιστους μηχανικούς. Ο πιο ξεκάθαρος τρόπος από τα παραπάνω για να καθορίσει κανείς την ποιότητα και την τελική απόφαση σε επίπεδο εταιρίας (εφόσον μια εταιρία είναι πιθανό να βγάζει ανάλογες εγγυήσεις για τις διάφορες αποδόσεις των μοντέλων της) ή και πλαισίου είναι οι εγγυήσεις. Οι εγγυήσεις αποτελούν πολυσύνθετο ζήτημα και ακόμα και στις μεγάλες εταιρίες είναι τα "ψηλά γράμματα" της κάθε αγοραπωλησίας. Ένας από τους πολλούς τρόπους διευκρίνησης της ποιότητας λοιπόν με βάση το πλαίσιο των εγγυήσεων βασίζεται στην βραχύχρονη εγγύηση του προϊόντος για 5-10 χρόνια.

4. Τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πάνελ αναγράφονται στην ταμπέλα περιγραφής του και αφορούν την αντοχή του και το βάρος του, μεγέθη τυποποιημένα και δευτερευούσης σημασίας στις διάφορες επιλογές πάνελ ανάμεσα σε αξιολογές εταιρίες. Επιπλέον, μηχανολογικά χαρακτηριστικά αποτελούν και οι διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πλαισίων οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από τον αριθμό των κυψελών που είναι συνδεδεμένες σε σειρά εντός του εξωτερικού περιβλήματος. Ο αριθμός των κυψελών είναι κυρίως 60 ή 72 cell.

Τα φ/β πλαίσια πυριτίου με τις 60 κυψέλες προτιμώνται συνήθως σε εγκαταστάσεις στεγών, γιατί είναι βολικότερα στην μετακίνηση λόγω των διαστάσεων τυπικά (1,65*1)μέτρων, αλλά και πιο ελαφριά. Για εγκαταστάσεις εδάφους συνηθίζονται τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πυριτίου με 72 στοιχεία τα οποία έχουν μεγάλο μήκος (2*1)μέτρων και χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ισχύ, αλλά και απόδοση, μιας και όπως εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί σε μία λίστα χαρακτηριστικών, το ίδιο πλαίσιο καθώς αυξάνεται η ισχύς του, η επιφάνειά του δεν ακολουθεί ανάλογα/γραμμικά αλλά μικρότερο ρυθμό. Για το λόγο αυτό επιλέγονται σε εγκαταστάσεις μεγάλου δυναμικού ή σε φωτοβολταϊκά πάρκα.

5. Τα ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά ενός πλαισίου αναγκαία θα μελετηθούν από τον επίδοξο μηχανικό γιατί από αυτά θα εξαρτηθεί και η συμβατότητα με τον διαχειριστή του

ηλεκτρικού κυκλώματος και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Το κυριότερο χαρακτηριστικό εξ αυτών που, αφορά όμως την επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε πρώτο στάδιο, είναι ο θερμοκρασιακός συντελεστής ισχύος. Ο εν λόγω συντελεστής είναι βασικός παράγοντας της επιλογής του πάνελ ειδικά σε περιπτώσεις σαν αυτή του Αποτεφρωτήρα στα Λιόσια που βρίσκεται εντός βιομηχανικής περιοχής με αυξημένες τοπικές θερμοκρασίες. Επίσης, η τοποθέτηση πάνελ πάνω και κοντά στην σκεπή του χώρου καύσης θα προκαλέσει επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας των πλαισίων για τον λόγο ότι εντός της μονάδας, χαμηλότερα, θα πραγματοποιούνται διεργασίες καύσης.

| Εταιρία | Είδος πάνελ | Ισχύς (W) | Κόστος (ευρώ) | Απόδοση | ευρώ/αποδοση | Ευρώ/ισχύς |
|---------------|-------------|-----------|---------------|---------|--------------|------------|
| Benq | poly | 250 | 159 | 15,40 | 10,32 | 0,64 |
| Luxor | mono | 270 | 155 | 16,69 | 9,29 | 0,57 |
| HANSOL | poly | 270 | 145 | 16,17 | 8,97 | 0,54 |
| SHARP | poly | 270 | 175 | 16,17 | 10,82 | 0,65 |
| SHARP | poly | 275 | 310 | 16,90 | 18,34 | 1,13 |
| SHARP | mono | 275 | 364 | 16,80 | 21,67 | 1,32 |
| Luxor | poly | 275 | 150 | 16,94 | 8,85 | 0,55 |
| Luxor | poly | 285 | 150 | 17,25 | 8,70 | 0,53 |
| ALEO | mono | 295 | 229 | 17,99 | 12,73 | 0,78 |
| Benq | mono | 325 | 429 | 19,60 | 21,89 | 1,32 |
| Luxor | mono | 375 | 459 | 21,20 | 21,65 | 1,22 |
| Luxor | mono | 310 | 172 | 19,10 | 9,01 | 0,55 |
| Luxor | mono | 300 | 185 | 18,47 | 10,02 | 0,62 |
| Luxor | poly | 330 | 185 | 17,03 | 10,86 | 0,56 |
| Luxor | mono | 200 | 186 | 15,79 | 11,78 | 0,93 |
| Luxor | mono | 370 | 489 | 19,40 | 25,21 | 1,32 |

10. Ο πίνακας είναι ενδεικτικός, αφού η ελληνική αγορά πλαισίων για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι μεγάλη και τα πλαίσια που επιλέχθηκαν αποτελούν ένα αμελητέο αριθμό συγκριτικά. Επιπλέον η τιμή που αποτυπώνεται βασίζεται στον μηχανισμό ελεύθερου εμπορίου και δεν είναι κάποια χονδρεμπορική τιμή που δίνει ο παραγωγός. Τέλος, για την μεγαλύτερη συγκριτική ικανότητα επιλέχθηκαν πλαίσια μεταξύ ίδιων κατασκευαστών.

| Υπολογισμός μέσων τιμών | | |
|-------------------------|------------|---------------|
| Τύπος πάνελ | Ευρώ /Ισχύ | Ευρώ /απόδοση |
| poly | 0,65 | 10,98 |
| mono | 0,96 | 15,91 |

11. Από τον συγκεκριμένο πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια, έχοντας μεγαλύτερο κόστος παραγωγής δεν είναι ανταγωνίσιμα με τα πολυκρυσταλλικά. Εξαιρεση αποτελεί η περίπτωση που ο χώρος εγκατάστασης είναι πολύ περιορισμένος και υπάρχει ανάγκη κάλυψης συγκεκριμένων καταναλώσεων.

Ως εκ τούτου, στην μελέτη επιλέγεται το πολυκρυσταλλικό πάνελ sharp NDAK270-275W_Poly γιατί πληροί μεγάλο εύρος των ποιοτικών χαρακτηριστικών που αναφέρθηκαν πρωτίστως, αλλά και τα οικονομικά κριτήρια, όπως αποδεικνύεται από τους συγκριτικούς πίνακες. Εφόσον στην μελέτη τηρείται κατά το δυνατόν το οικονομικότερο προφίλ δεν χρησιμοποιούνται μονοκρυσταλλικά πάνελ. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο αριθμός των κυψελών δεν είναι τυχαίος, αλλά ακολουθεί την πρακτική εγκατάσταση σε στέγη, με πλαίσια 60 κυψελών. Για την επίτευξη της καλύτερης επενδυτικής συμφωνίας με την εταιρία αλλά και την οπτική και ηλεκτρολογική ομοιομορφία, προτιμάται ο ίδιος τύπος πάνελ (60 κυψελών) σε ολόκληρη την εγκατάσταση.

Φυσικά χωρίς ακόμα να χρειαστεί αλλαγή στη χωροταξική μελέτη με τη διάθεση μεγαλύτερου κεφαλαίου μπορεί ο ιδιώτης να βρει μονοκρυσταλλικά πάνελ ίδιων διαστάσεων, υψηλής απόδοσης, αυξάνοντας έτσι την εγκατεστημένη ισχύ, κατά συνέπεια και την ηλεκτρική παραγωγή του. Φυσικά θα πρέπει να διαστασιολογηθούν ξανά οι ηλεκτρικές διατάξεις. Επιπρόσθετα κατόπιν χωροταξικής μελέτης ανακαλύφθηκε ότι και η εγκατάσταση πάνελ μεγάλων διαστάσεων, συγκεκριμένα διπλάσιων διαστάσεων από το επιλεγμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο, έχει την ίδια επιφάνεια κάλυψης εάν τοποθετηθεί αποδοτικά με την μεγάλη πλευρά παράλληλη με το έδαφος, οπότε η μόνη διαφορά στην παραγόμενη ισχύ θα οφείλεται στην πιθανή υψηλότερη απόδοση.

Χωροταξική διάταξη φωτοβολταϊκών

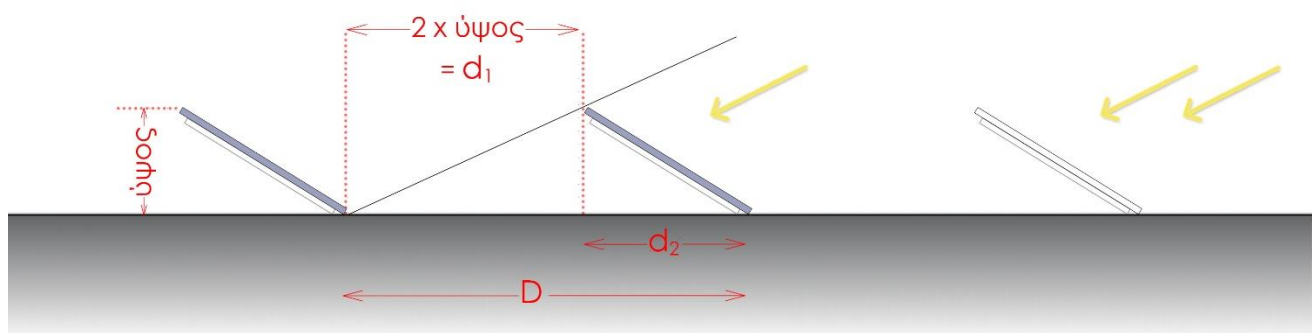
Τομείς

Απόσταση μεταξύ των πλαισίων

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που θα τοποθετηθούν πάνω στις διαθέσιμες επιφάνειες της εγκατάστασης, θα πρέπει να μην σκιάζονται, όχι μόνο από αντικείμενα του περιβάλλοντα χώρου λ.χ κτίρια, δέντρα, κολώνες κ.α, όπως ήδη έχει αναλυθεί, αλλά και από τις συστοιχίες των υπολοίπων φωτοβολταϊκών νότια τους. Το φαινόμενο αυτό της σκίασης των φωτοβολταϊκών γεννητριών από άλλα πλαίσια, εκδηλώνεται μόνο σε πάνελ που έχουν κλίση ως προς το επίπεδο τοποθέτησης τους και, ταυτόχρονα, δεν είναι αρκετή η απόσταση που απέχουν μεταξύ τους.

Ο υπολογισμός της απόστασης μεταξύ των φωτοβολταϊκών συστοιχιών, ακολούθησε την εμπειρική μέθοδο που προτείνεται από τον Οδηγό Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος²⁸. Εν συνεχεία, πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί για την επιλογή του τρόπου που θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά. Τα συστήματα τοποθέτησης που εξετάζονται είναι το landscape (οριζόντιο) ή το σύστημα portrait (κάθετο) με αρχή την εγκατάσταση του μέγιστου αριθμού πλαισίων.

Η εμπειρική μέθοδος χρησιμοποιείται διαδομένα, ώστε να αποφεύγονται οι πολυάριθμοι υπολογισμοί με βάση την ηλιακή γεωμετρία. Όπως αποδεικνύεται και στην ανάλυση των σκιάσεων, ο εμπειρικός τρόπος είναι σωστός σε επίπεδο ακριβείας μερικών εκατοστών, γεγονός που επιβάλλει την περαιτέρω εξέταση σε χώρους εγκατάστασης φωτοβολταϊκών μεγάλων εκτάσεων, όπου η παράλειψη έστω κι ενός εκατοστόμετρου σε κάθε συστοιχία, οδηγεί εν τέλει σε συνολική απόκλιση μεγαλύτερη από του D, με αποτέλεσμα να αποκρύπτεται από τον υπολογισμό η τελευταία συστοιχία. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή ενδείκνυται για χώρους ορθογωνικής κάτοψης. Συνεπώς σε συνθετότερους χώρους -λχ κτίριο διοίκησης- προτιμάται ο διαχωρισμός τους σε νοητά ορθογώνια, ώστε να λειτουργήσει ο υπολογισμός αυτός.



χ. Σχεδιαστική απεικόνιση του τρόπου υπολογισμού.

²⁸ ΤΕΕ, Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας, Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων (Πόρισμα Ομάδας Εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ όπως εγκρίθηκε με την απόφαση Α159/Σ9/11.04.2011 της Διοικούσας Επιτροπής), σελ 25.

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ των πλαισίων που εγκαταστάθηκαν σε δώμα ή γήπεδο συναρτήσει του τρόπου τοποθέτησης είναι:

$$\sin a = \frac{\text{Ύψος}}{\text{Μήκος}} \rightarrow \text{Ύψος} = \sin a \text{Μήκος}^{29}$$

$$d_1 = 2\text{Ύψος}$$

$$d_2 = \cos a \text{Μήκος}$$

$$D = d_2 + d_1$$

| Τρόπος τοποθέτησης φ/β πλαισίων | Portrait1 | Landscape1 | Portrait2 | Landscape2 |
|---------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|
| μήκος φ/β πλαισίων (m) | 1,64 | 0,98 | 3,28 | 1,96 |
| Γωνία κλίσης (α) | 31 | 31 | 31 | 31 |
| Ύψος (m) | 0,844662 | 0,50473724 | 1,689325 | 1,00947448 |
| sin(α) | 0,515038 | 0,515038 | 0,515038 | 0,515038 |
| απόσταση d1 (m) | 1,689325 | 1,00947448 | 3,378649 | 2,01894896 |

Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

²⁹ Το μήκος διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των πλαισίων που εφαρμόζετε. Όταν τα πλαίσια τοποθετούνται οριζόντια, θεωρείται ότι το πλάτος είναι το μήκος του του πλαισίου.

| | | | | |
|---------------------------------|----------|------------|----------|------------|
| απόσταση d2 (m) | 1,405808 | 0,840056 | 2,811616 | 1,680112 |
| cos(α) | 0,8572 | 0,8572 | 0,8572 | 0,8572 |
| D (m) | 3,095133 | 1,84953048 | 6,190265 | 3,69906096 |

Αριθμός πλαισίων

Κατόπιν απλών υπολογισμών στο λογισμικό excel, λαμβάνεται η απόφαση εάν τα πλαίσια θα τοποθετηθούν οριζόντια ή κάθετα με βασική αρχή την εγκατάσταση των περισσοτέρων πλαισίων. Ταυτόχρονα, μπορεί να υπολογιστεί και ο συνολικός αριθμός των φωτοβολταϊκών πάνελ ανά τους χώρους εγκατάστασης.

Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν οι κάτωθι τύποι:

$$\frac{\text{Κάθετη}}{D} = \text{Αρθ.Στήλης} *$$

Αρθ. Στήλης ορίζεται ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε στήλη. Στην προκειμένη στήλη υπάρχει περιθώριο από το πέρασ του τελευταίου D, έως το όριο του νοητού ορθογωνίου, όπου πρέπει να τεθεί υπό εξέταση.

Κάθετη θεωρείται η πλευρά του νοητού ορθογωνίου του χώρου εγκατάστασης με προσανατολισμό από τον Βορρά στον Νότο.

$$\frac{\text{Οριζόντια}}{\text{πλάτος}} = \text{Αρθ.Σειράς}$$

Οριζόντια θεωρείται η πλευρά του νοητού ορθογωνίου του χώρου εγκατάστασης με προσανατολισμό από την Δύση στην Ανατολή.

Αρθ. Σειράς νοείται ο αριθμός των πάνελ σε σειρά.

Πλάτος θεωρείται το πλάτος του φωτοβολταϊκού πάνελ, το οποίο όμως διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης.

Η απόσταση που περισσεύει από το πέρασ του τελευταίου D έως το όριο του νοητού ορθογωνίου είναι x:

$$x = [\text{Αρθ.Στηλών} * - \text{TRUNC}(\text{Αρθ.Στηλών} *)] * D$$

Όπου $\text{TRUNC}(\text{Αρθ.Στηλών} *)$ είναι ο Αρθ. Στηλών* χωρίς το δεκαδικό μέρος του και χωρίς στρογγυλοποίηση.

Για να αναζητηθεί εάν η απόσταση που περισσεύει x είναι ικανή να φέρει άλλη μια σειρά χρησιμοποιείτε ο λογικός έλεγχος:

$$\text{Αρθ.Στυλών} = \text{IF}(x > d_2; ((\text{Αρθ.Στηλών} *) + 1); \text{Αρθ.Στηλών} *)$$

Τέλος ο συνολικός αριθμός των πάνελ ανά χώρο εγκατάστασης και τρόπου τοποθέτησης είναι το γινόμενο του ακέραιου αριθμού των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε σειρά με αυτού των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε στήλη.

| Εγκαταστάσεις | Κτίριο Διοίκησης | | Φυλάκιο | |
|---------------------------------|------------------|-------------|-----------|-------------|
| | Portrait1 | Landscape2 | Portrait1 | Landscape2 |
| Τρόπος τοποθέτησης φ/β πλαισίων | Portrait1 | Landscape2 | Portrait1 | Landscape2 |
| Εμβαδόν (τ.μ) | 73,8582 | 73,8582 | 15,17 | 15,17 |
| Κάθετη (m) | 6,63 | 6,63 | 3,7 | 3,7 |
| Οριζόντια (m) | 11,14 | 11,14 | 4,1 | 4,1 |
| d(m) | 3,095133 | 1,84953048 | 3,095133 | 1,84953048 |
| πλάτος φ/β πλαισίου (m) | 0,992 | 1,64 | 0,992 | 1,64 |
| Αρθ. Στηλών* | 2,142073 | 3,58469356 | 1,195425 | 2,000507718 |
| Αρθ. Σειρών | 11,22984 | 6,792682927 | 4,133065 | 2,5 |
| Απόσταση που περισσεύει | 0,439735 | 1,08140856 | 0,604867 | 0,00093904 |
| Αρθ. Στηλών | 2,142073 | 4,58469356 | 1,195425 | 2,000507718 |
| απόσταση d2 (m) | 1,405808 | 0,840056 | 1,405808 | 0,840056 |
| Συνολικός_Αριθμός_πλαισίων | 22 | 24 | 4 | 4 |

| Εγκαταστάσεις | Φ/Β πάρκο | | | |
|---------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | Portrait1 | Landscape1 | Portrait2 | Landscape2 |
| Τρόπος τοποθέτησης φ/β πλαισίων | Portrait1 | Landscape1 | Portrait2 | Landscape2 |
| Εμβαδόν (τ.μ) | 3615,81 | 3615,81 | 3615,81 | 3615,81 |
| Κάθετη (m) | 70,1 | 70,1 | 70,1 | 70,1 |
| Οριζόντια (m) | 51,58 | 51,58 | 51,58 | 51,58 |
| d(m) | 3,095133 | 1,84953048 | 6,19026528 | 3,69906096 |
| πλάτος φ/β πλαισίου (m) | 0,992 | 1,64 | 0,992 | 1,64 |
| Αρθ. Στηλών* | 22,64846 | 37,90151109 | 11,32423197 | 18,95075555 |
| Αρθ. Σειρών | 51,99597 | 31,45121951 | 51,99596774 | 31,45121951 |
| Απόσταση που περισσεύει | 2,007082 | 1,66737224 | 2,00708192 | 3,51690272 |
| Αρθ. Στηλών | 23,64846 | 38,90151109 | 11,32423197 | 19,95075555 |
| απόσταση d2 (m) | 1,405808 | 0,840056 | 2,811616 | 1,680112 |
| Συνολικός_Αριθμός_πλαισίων | 1173 | 1178 | 561 | 589 |

| Εγκαταστάσεις | Κοντέινερ τεχνιτών | | Κοντέινερ αποθήκης | | Χώρος καύσης | |
|---------------------------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------|------------|
| | Portrait1 | Landscape1 | Portrait1 | Landscape1 | Portrait1 | Landscape1 |
| Τρόπος τοποθέτησης φ/β πλαισίων | Portrait1 | Landscape1 | Portrait1 | Landscape1 | Portrait1 | Landscape1 |
| Εμβαδόν (τ.μ) | 23,1732 | 23,1732 | 39,0816 | 39,0816 | 130,5408 | 130,5408 |
| Κάθετη (m) | 2,355 | 2,355 | 3,68 | 3,68 | 10,46 | 10,46 |
| Οριζόντια (m) | 9,84 | 9,84 | 10,62 | 10,62 | 12,48 | 12,48 |
| Μήκος φ/β πλαισίου (m) | 1,64 | 0,992 | 1,64 | 0,992 | 1,64 | 0,992 |
| πλάτος φ/β πλαισίου (m) | 0,992 | 1,64 | 0,992 | 1,64 | 0,992 | 1,64 |
| Αρθ. Στηλών | 1,435976 | 2,3739919 | 2,243902 | 3,7096774 | 6,378049 | 10,544354 |
| Αρθ. Σειρών | 9,919355 | 6 | 10,70565 | 6,475609 | 12,58065 | 7,609756 |
| Συνολικός Αρθ. πλαισίων | 9 | 12 | 20 | 18 | 72 | 70 |

| Εγκαταστάσεις | Χώρος αποθήκευσης | | Φ/Β πάρκινγκ | |
|---------------------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Portrait1 | Landscape1 | Portrait1 | Landscape1 |
| Τρόπος τοποθέτησης φ/β πλαισίων | Portrait1 | Landscape1 | Portrait1 | Landscape1 |
| Εμβαδόν (τ.μ) | 363,3912 | 363,3912 | 196,8 | 196,8 |
| Κάθετη (m) | 14,76 | 14,76 | 4,92 | 4,92 |
| Οριζόντια (m) | 24,62 | 24,62 | 40 | 40 |
| Μήκος φ/β πλαισίου (m) | 1,64 | 0,992 | 1,64 | 0,992 |
| πλάτος φ/β πλαισίου (m) | 0,992 | 1,64 | 0,992 | 1,64 |
| Αρθ. Στηλών | 9 | 14,87903226 | 3 | 4,959677419 |
| Αρθ. Σειρών | 24,81855 | 15,01219512 | 40,32258 | 24,3902439 |
| Συνολικός_Αριθμός_πλαισίων | 216 | 210 | 120 | 120 |

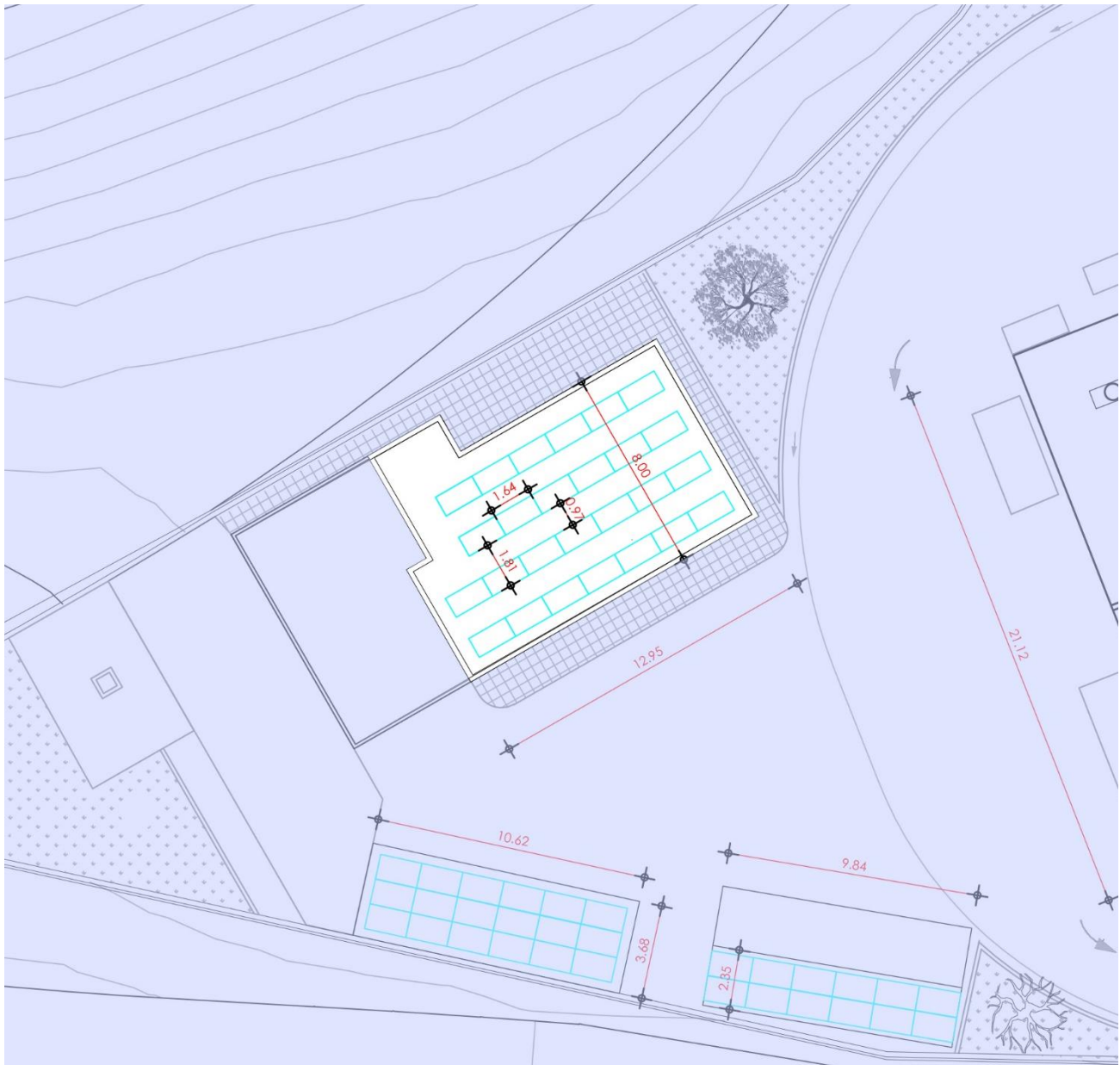
Στους παραπάνω πίνακες με έντονη γραμματοσειρά αποτυπώνετε ο τρόπος τοποθέτησης και ο συνολικός αριθμός πλαισίων.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να ειπωθεί ότι οι αποστάσεις D και d2 αλλά και το πλάτος του πλαισίου θα χρησιμοποιηθούν κατά το σχεδιασμό στο λογισμικό AutoCAD ώστε να επαληθευτή ο μέγιστος αριθμός πλαισίων.

Στην πράξη ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων που προκύπτει με αυτήν την μέθοδο μπορεί να μην συνάδει με την πραγματικότητα. Γεγονός που εξετάζεται κατά την λεπτομερή σχεδίαση των εγκαταστάσεων στο λογισμικό AutoCAD. Πιο συγκεκριμένα ο συνολικός αριθμός των πλαισίων που απέχουν από την πραγματικότητα βρίσκονται στις ακόλουθες εγκαταστάσεις:

Κτίριο διοίκησης. Στο κτίριο διοίκησης με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών γεννητριών σε συστοιχία Landscape ο συνολικός αριθμός των πλαισίων είναι 26 έναντι 24 όπως υπολογίστηκε από την εμπειρική μέθοδο. Αυτή η διαφορά υπόκειται στο γεγονός ότι, για την απλοποίηση των υπολογισμών θεωρήθηκαν όλες οι διαθέσιμες επιφάνειες προς εγκατάσταση ορθογωνικές αλλά στην περίπτωση του κτιρίου διοίκησης και ο τοίχος στα βορειοδυτικά κάνει ένα "σπάσιμο" στο οποίο μπορούν να χωρέσουν άλλα δύο φωτοβολταϊκά πλαίσια.

Φωτοβολταϊκό πάρκο. Όπως αναφέρθηκε πρωτίστως η εν λόγω μέθοδος που εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό της απόστασης μεταξύ των πλαισίων είναι εμπειρική και σε μεγάλες αποστάσεις το σφάλμα των μερικών εκατοστών που μεταφέρει γίνεται απόκλιση μέτρου. Αναλυτικότερα, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια "πυκνώθηκαν" στο AutoCAD κατά 5 εκατοστά οπότε "κερδήθηκε" $0,05 \text{ m} * 22 \text{ σειρές} = 1,1 \text{ μέτρο}$. Εάν αθροιστή το 1,1 μέτρο με την απόσταση $x = 0,67$ που περισσεύει έχουμε απόσταση $1,1 + 0,67 = 1,77 \text{ μέτρα}$ ικανή να φέρει άλλη μια σειρά φωτοβολταϊκών γεννητριών. Δηλαδή ο συνολικός αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων που είναι εγκατεστημένα στο φωτοβολταϊκό πάρκο είναι $24 * 52 = 1248$.



xi. Διάταξη πλαισίων στο κτίριο διοίκησης.

Κοντέινερ τεχνιτών. Στο κοντέινερ τεχνιτών, από τον υπολογισμό με το excel, με τον τρόπο τοποθέτησης Portrait προέκυψαν 20 πλαίσια από τα οποία μια σειρά εξείχε μερικά εκατοστά από την μονόριχτη στέγη. Από την νομοθεσία κάτι τέτοιο απαγορεύεται οπότε ο τρόπος εγκατάστασης θα είναι Landscape με συνολικό αριθμό πλαισίων 18.

Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας

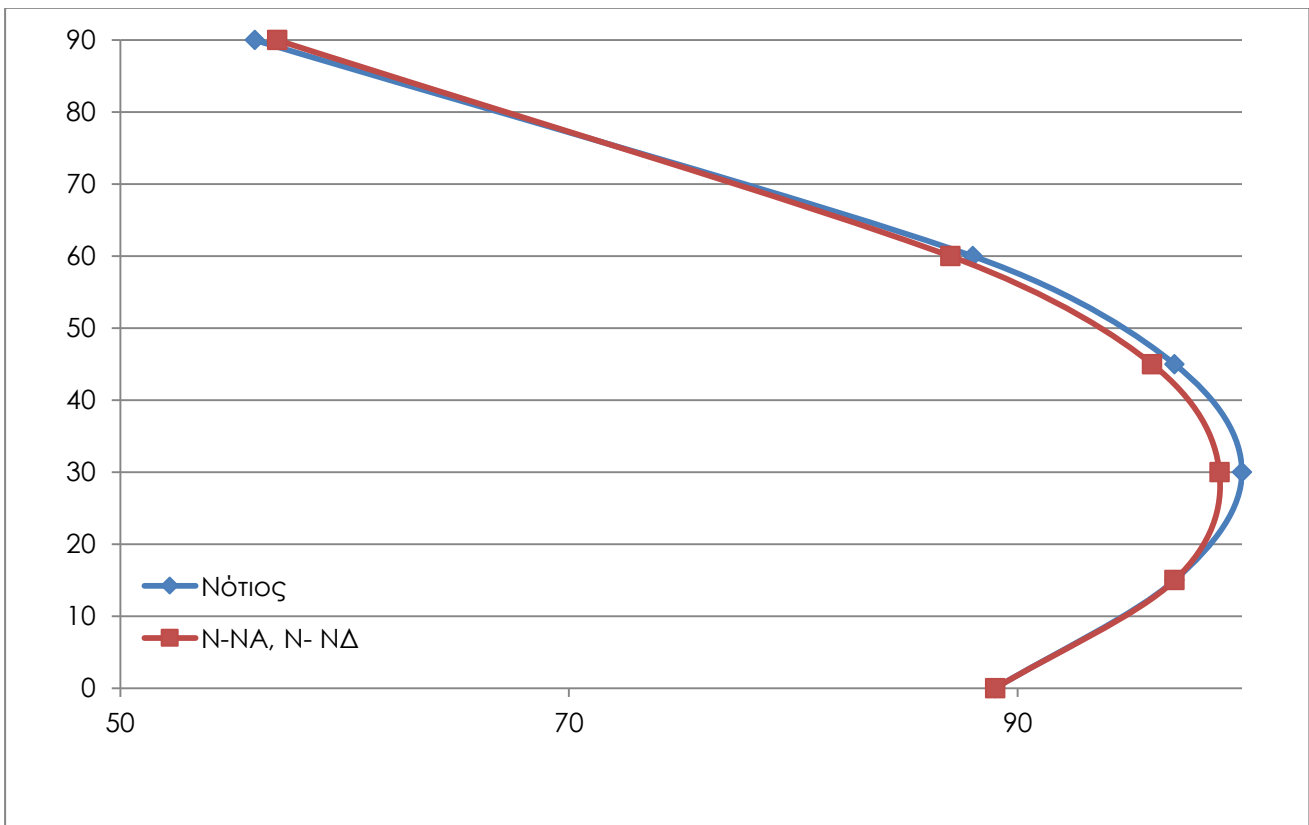
Η παραγόμενη ενέργεια βασίζεται στην "δωρεά" του ήλιου, όπως και σχεδόν όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ο υπολογισμός της δίνεται από τον τύπο:

$$E[kWh] = \frac{H[kWh / m^2] \cdot N \cdot p_w[W]}{1000W / m^2} \cdot \sigma \cdot \sigma_\theta$$

Όπου:

| | |
|--|--|
| E | παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε kWh |
| H | ηλιακή ενέργεια συναρτήσει της γωνίας κλίσης των πάνελ |
| N | αριθμός πλαισίων υπό εξεταζόμενη περιοχή |
| P_w N*P_w | ισχύ κορυφής φ/β πλαισίου Μέγιστη Εγκατεστημένη ισχύς I(kW) |
| 1000W/m² | ηλιακή πυκνότητα σε STC |
| σρ | συντελεστής ρύπανσης |
| ση | συντελεστής ηλεκτρικών απωλειών |
| σγ | συντελεστής γήρανσης |
| σμ | συντελεστής μεταφοράς |
| σκ | συντελεστής κλίσης και προσανατολισμού |
| σ | συνολικός συντελεστής πλην θερμοκρασιακού |

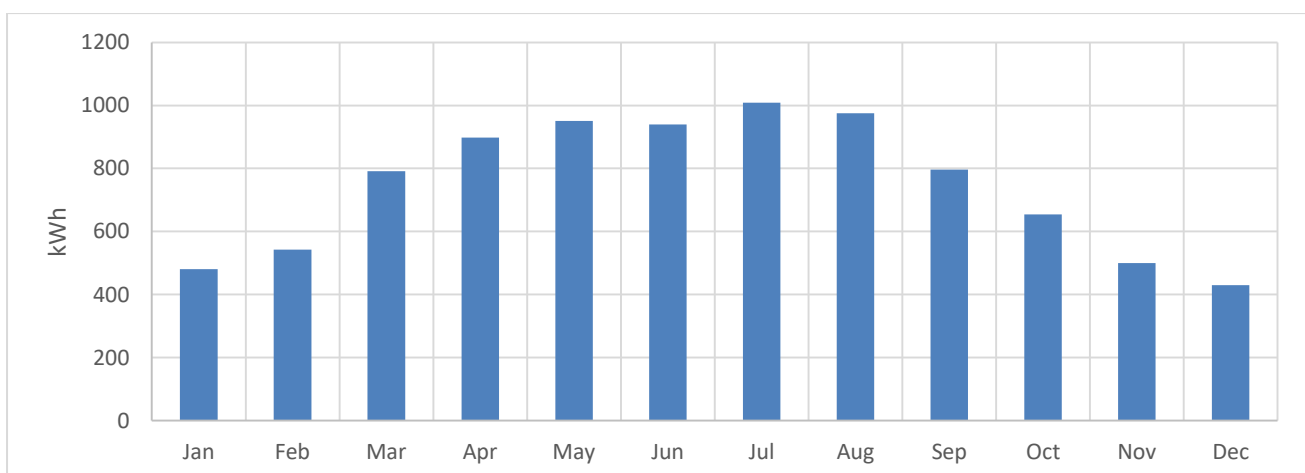


12. Παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύς % ανάλογα με τη γωνία κλίσης κάθε τομέα (συντελεστής κλίσης)

Μηνιαία παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά τομέα

| 1. Κτίριο Διοίκησης | | Συντελεστές απωλειών | |
|---------------------|-------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 73,76 | σρ | 0,95 |
| Αρθ. Πάνελ | 26 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 31 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | -30 | σκ | 0,99 |
| | | σ | 0,77196 |

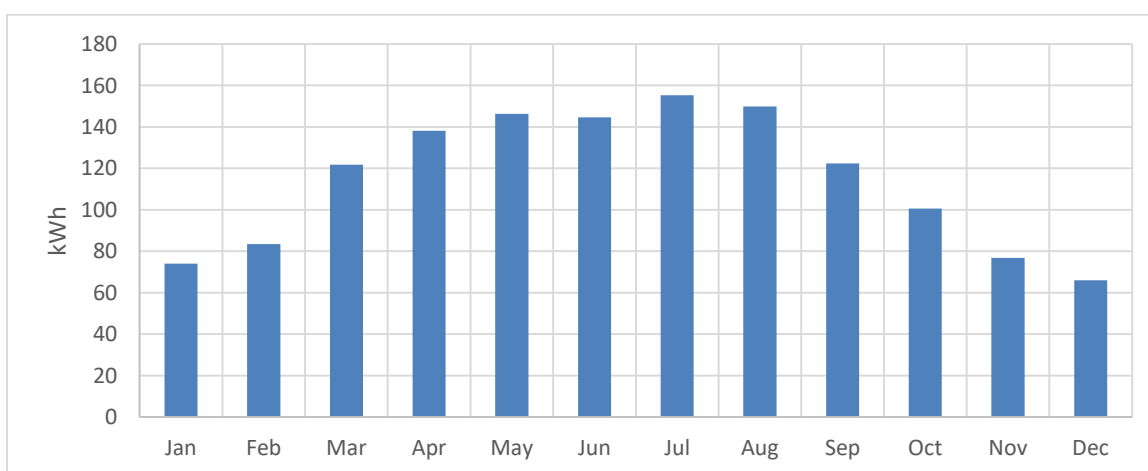
| month | T ₀ | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 92,88 | 0,93811 | 0,77196 | 7,15 | 480,9254287 |
| Feb | 10,4636 | 104,6809091 | 0,93815 | | | 542,0506302 |
| Mar | 12,4364 | 154,1463636 | 0,93025 | | | 791,4751325 |
| Apr | 14,8545 | 176,6763636 | 0,92058 | | | 897,7244108 |
| May | 18,7455 | 190,3172727 | 0,90502 | | | 950,6873153 |
| Jun | 23,0727 | 191,8572727 | 0,88771 | | | 940,0503675 |
| Jul | 25,8182 | 208,5127273 | 0,87673 | | | 1009,018839 |
| Aug | 26,3273 | 201,8890909 | 0,87469 | | | 974,6970569 |
| Sep | 22,9909 | 162,39 | 0,88804 | | | 795,9617919 |
| Oct | 18,8182 | 130,9945455 | 0,90473 | | | 654,1435807 |
| Nov | 15,3182 | 98,57363636 | 0,91873 | | | 499,8613711 |
| Dec | 11,7909 | 83,43 | 0,93284 | | | 429,5660006 |
| Έτος | 17,5924 | 1796,348182 | 0,90963 | | | 9018,98424 |



13. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) Κτίριο διοίκησης

| 2. Φυλάκιο | | Συντελεστές απωλειών | |
|-----------------|-------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 12,92 | σρ | 0,95 |
| Αρθ. Πάνελ | 4 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 31 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | -4 | σκ | 0,99 |
| | | σ | 0,77196 |

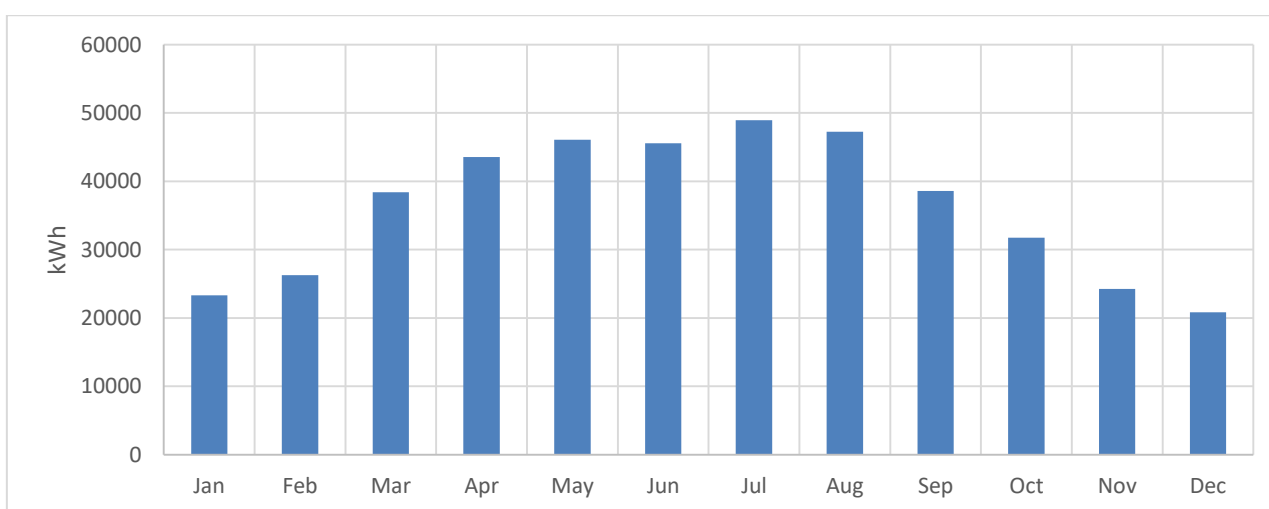
| month | T _☉ | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 92,88 | 0,93811 | 0,77196 | 1,1 | 73,98852749 |
| Feb | 10,4636 | 104,6809091 | 0,93815 | 0,77196 | 1,1 | 83,39240465 |
| Mar | 12,4364 | 154,1463636 | 0,93025 | 0,77196 | 1,1 | 121,765405 |
| Apr | 14,8545 | 176,6763636 | 0,92058 | 0,77196 | 1,1 | 138,1114478 |
| May | 18,7455 | 190,3172727 | 0,90502 | 0,77196 | 1,1 | 146,259587 |
| Jun | 23,0727 | 191,8572727 | 0,88771 | 0,77196 | 1,1 | 144,6231335 |
| Jul | 25,8182 | 208,5127273 | 0,87673 | 0,77196 | 1,1 | 155,2336675 |
| Aug | 26,3273 | 201,8890909 | 0,87469 | 0,77196 | 1,1 | 149,9533934 |
| Sep | 22,9909 | 162,39 | 0,88804 | 0,77196 | 1,1 | 122,4556603 |
| Oct | 18,8182 | 130,9945455 | 0,90473 | 0,77196 | 1,1 | 100,637474 |
| Nov | 15,3182 | 98,57363636 | 0,91873 | 0,77196 | 1,1 | 76,9017494 |
| Dec | 11,7909 | 83,43 | 0,93284 | 0,77196 | 1,1 | 66,08707701 |
| Έτος | 17,5924 | 1796,348182 | 0,90963 | 0,77196 | 1,1 | 1387,536037 |



14. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) Φυλάκιο

| 3. Φ/Β πάρκο | | Συντελεστές απωλειών | |
|-----------------|---------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 3445,85 | σρ | 0,95 |
| Αρθ. Πάνελ | 1248 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 31 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | 0 | σκ | 1 |
| | | σ | 0,77196 |

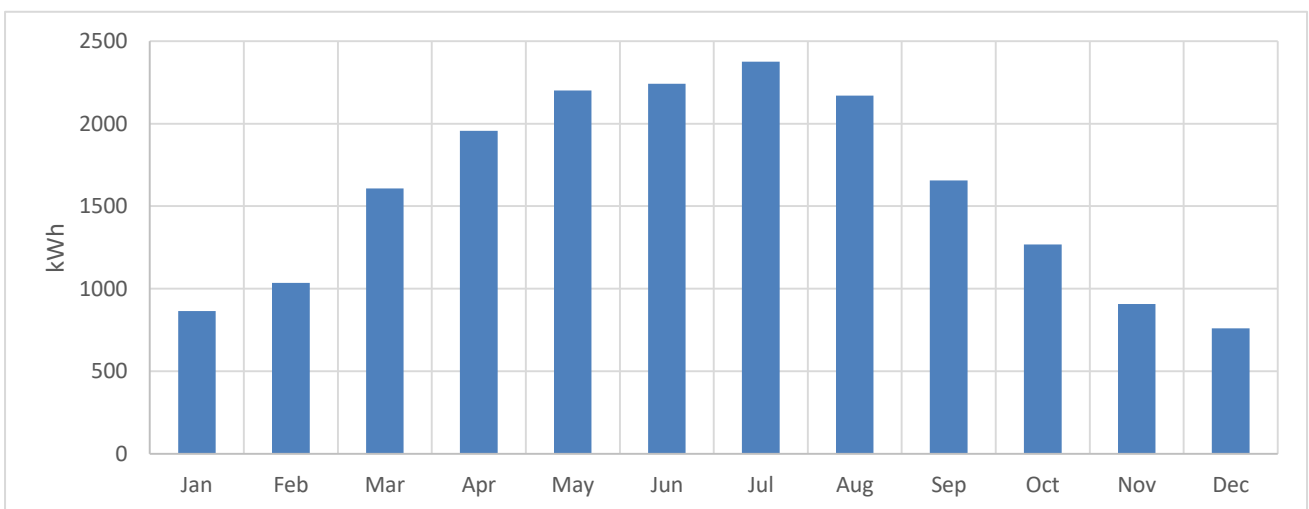
| month | T _c | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 92,88 | 0,93811 | 0,77976 | 343,2 | 23317,59654 |
| Feb | 10,4636 | 104,6809091 | 0,93815 | 0,77976 | 343,2 | 26281,24268 |
| Mar | 12,4364 | 154,1463636 | 0,93025 | 0,77976 | 343,2 | 38374,55188 |
| Apr | 14,8545 | 176,6763636 | 0,92058 | 0,77976 | 343,2 | 43526,03204 |
| May | 18,7455 | 190,3172727 | 0,90502 | 0,77976 | 343,2 | 46093,93044 |
| Jun | 23,0727 | 191,8572727 | 0,88771 | 0,77976 | 343,2 | 45578,19964 |
| Jul | 25,8182 | 208,5127273 | 0,87673 | 0,77976 | 343,2 | 48922,12551 |
| Aug | 26,3273 | 201,8890909 | 0,87469 | 0,77976 | 343,2 | 47258,03912 |
| Sep | 22,9909 | 162,39 | 0,88804 | 0,77976 | 343,2 | 38592,08688 |
| Oct | 18,8182 | 130,9945455 | 0,90473 | 0,77976 | 343,2 | 31716,0524 |
| Nov | 15,3182 | 98,57363636 | 0,91873 | 0,77976 | 343,2 | 24235,70284 |
| Dec | 11,7909 | 83,43 | 0,93284 | 0,77976 | 343,2 | 20827,44245 |
| Έτος | 17,5924 | 1796,348182 | 0,90963 | 0,77976 | 275 | 437284,0843 |



15. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) Φ/Β πάρκο

| 4. Χώρος Καύσης | | Συντελεστές απωλειών | |
|-----------------|--------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 129,72 | σρ | 0,8 |
| Αρθ. Πάνελ | 72 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 10 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | -21 | σκ | 0,95 |
| | | σ | 0,62381 |

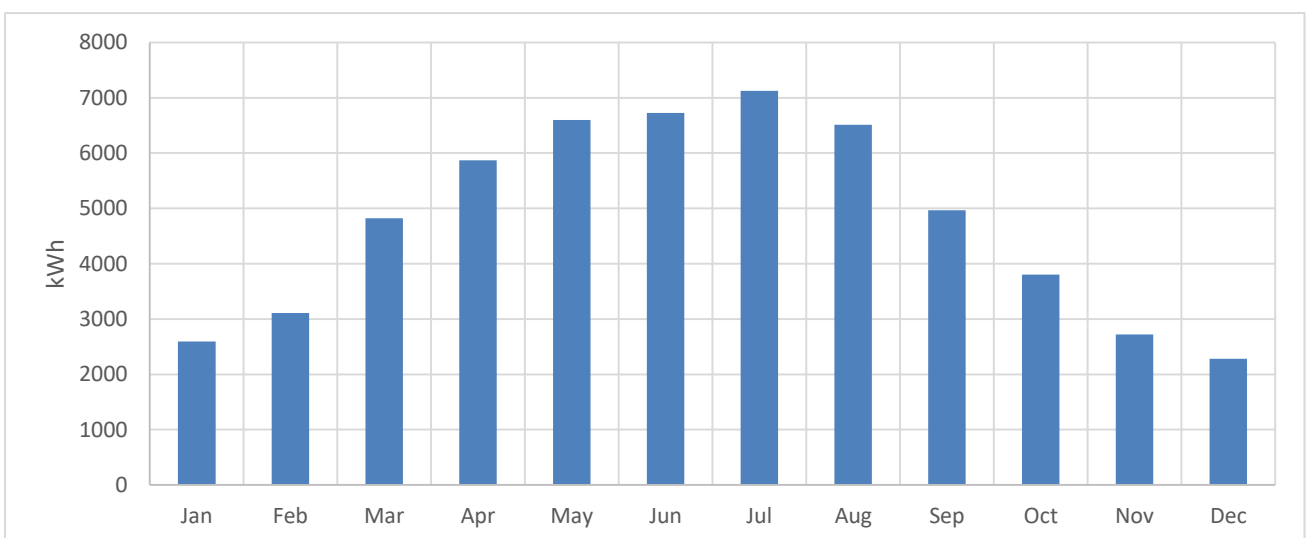
| month | T _☉ | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 74,67636364 | 0,93811 | 0,62381 | 19,8 | 865,271973 |
| Feb | 10,4636 | 89,39909091 | 0,93815 | 0,62381 | 19,8 | 1035,903765 |
| Mar | 12,4364 | 139,8036364 | 0,93025 | 0,62381 | 19,8 | 1606,336023 |
| Apr | 14,8545 | 172,0863636 | 0,92058 | 0,62381 | 19,8 | 1956,703316 |
| May | 18,7455 | 196,8327273 | 0,90502 | 0,62381 | 19,8 | 2200,243489 |
| Jun | 23,0727 | 204,5290909 | 0,88771 | 0,62381 | 19,8 | 2242,548714 |
| Jul | 25,8182 | 219,2909091 | 0,87673 | 0,62381 | 19,8 | 2374,659114 |
| Aug | 26,3273 | 200,8763636 | 0,87469 | 0,62381 | 19,8 | 2170,19911 |
| Sep | 22,9909 | 150,9754545 | 0,88804 | 0,62381 | 19,8 | 1655,972902 |
| Oct | 18,8182 | 113,4609091 | 0,90473 | 0,62381 | 19,8 | 1267,885606 |
| Nov | 15,3182 | 79,99909091 | 0,91873 | 0,62381 | 19,8 | 907,7950093 |
| Dec | 11,7909 | 66,00090909 | 0,93284 | 0,62381 | 19,8 | 760,45149 |
| Έτος | 17,5924 | 1707,930909 | 0,90963 | 0,62381 | 72 | 19188,95606 |



16. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) χώρου καύσης

| 5. Χώρος αποθήκευσης | | Συντελεστές απωλειών | |
|----------------------|--------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 733,18 | σρ | 0,8 |
| Αρθ. Πάνελ | 216 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 10 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | -21 | σκ | 0,95 |
| | | σ | 0,62381 |

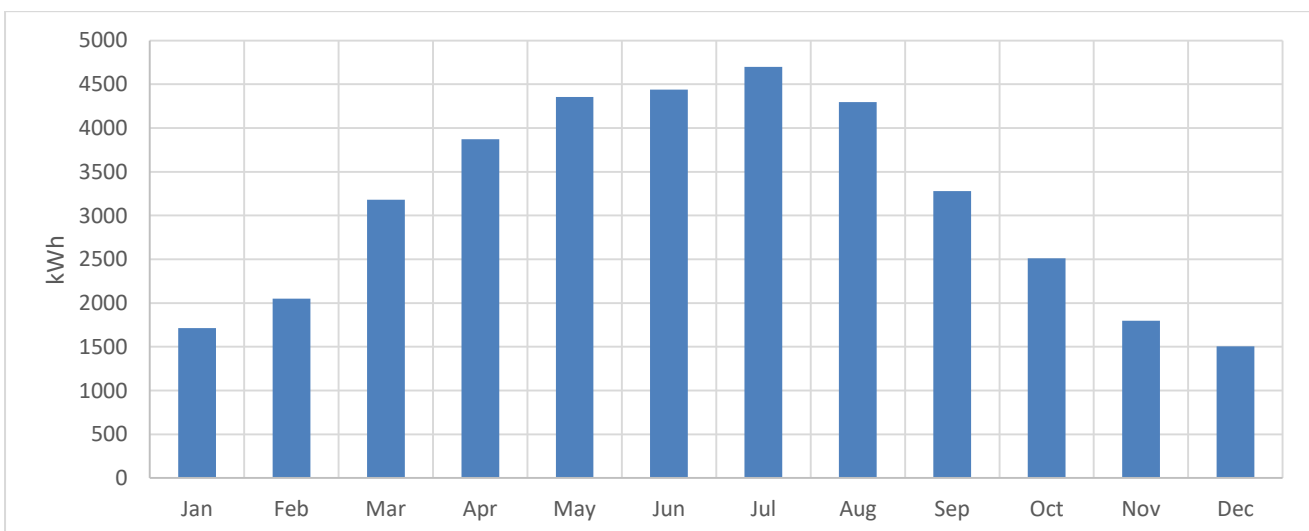
| month | T ₀ | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 74,67636364 | 0,93811 | 0,62381 | 59,4 | 2595,815919 |
| Feb | 10,4636 | 89,39909091 | 0,93815 | 0,62381 | 59,4 | 3107,711295 |
| Mar | 12,4364 | 139,8036364 | 0,93025 | 0,62381 | 59,4 | 4819,00807 |
| Apr | 14,8545 | 172,0863636 | 0,92058 | 0,62381 | 59,4 | 5870,109949 |
| May | 18,7455 | 196,8327273 | 0,90502 | 0,62381 | 59,4 | 6600,730468 |
| Jun | 23,0727 | 204,5290909 | 0,88771 | 0,62381 | 59,4 | 6727,646141 |
| Jul | 25,8182 | 219,2909091 | 0,87673 | 0,62381 | 59,4 | 7123,977343 |
| Aug | 26,3273 | 200,8763636 | 0,87469 | 0,62381 | 59,4 | 6510,597331 |
| Sep | 22,9909 | 150,9754545 | 0,88804 | 0,62381 | 59,4 | 4967,918707 |
| Oct | 18,8182 | 113,4609091 | 0,90473 | 0,62381 | 59,4 | 3803,656818 |
| Nov | 15,3182 | 79,99909091 | 0,91873 | 0,62381 | 59,4 | 2723,385028 |
| Dec | 11,7909 | 66,00090909 | 0,93284 | 0,62381 | 59,4 | 2281,35447 |
| Έτος | 17,5924 | 1707,930909 | 0,90963 | 0,62381 | 59,4 | 57566,86817 |



17. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) Χώρου αποθήκευσης

| 6. Στέγαστρο Στάθμευσης | | Συντελεστές απωλειών | |
|-------------------------|-------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 196,8 | σρ | 0,95 |
| Αρθ. Πάνελ | 120 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 10 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | -4 | σκ | 0,95 |
| | | σ | 0,74077 |

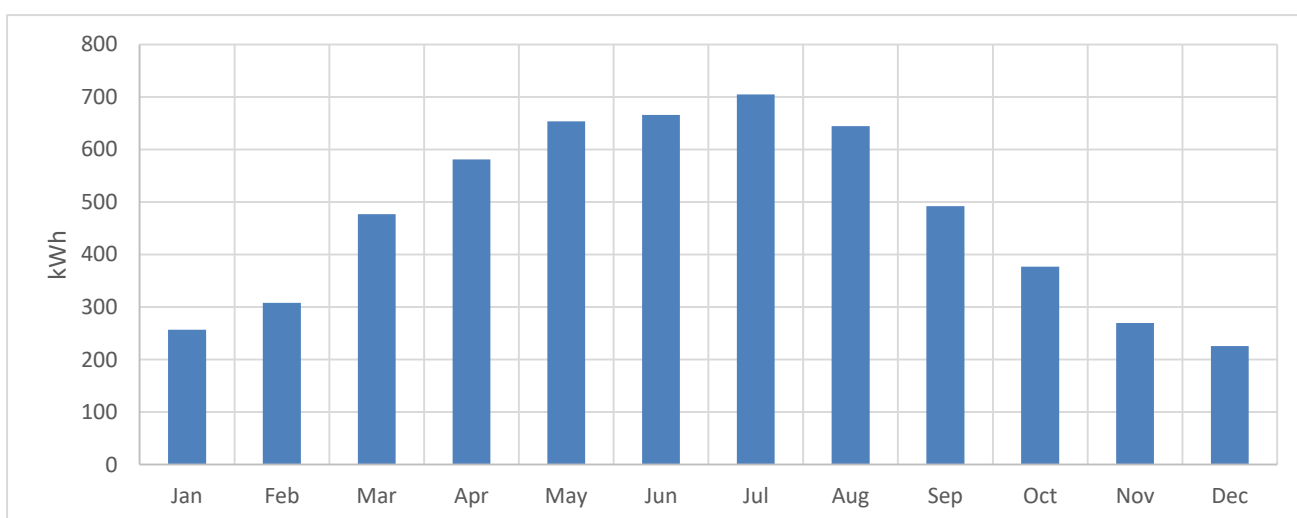
| month | T ₀ | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 74,67636364 | 0,93811 | 0,74077 | 33 | 1712,517447 |
| Feb | 10,4636 | 89,39909091 | 0,93815 | 0,74077 | 33 | 2050,226202 |
| Mar | 12,4364 | 139,8036364 | 0,93025 | 0,74077 | 33 | 3179,206713 |
| Apr | 14,8545 | 172,0863636 | 0,92058 | 0,74077 | 33 | 3872,64198 |
| May | 18,7455 | 196,8327273 | 0,90502 | 0,74077 | 33 | 4354,648573 |
| Jun | 23,0727 | 204,5290909 | 0,88771 | 0,74077 | 33 | 4438,377663 |
| Jul | 25,8182 | 219,2909091 | 0,87673 | 0,74077 | 33 | 4699,846164 |
| Aug | 26,3273 | 200,8763636 | 0,87469 | 0,74077 | 33 | 4295,185739 |
| Sep | 22,9909 | 150,9754545 | 0,88804 | 0,74077 | 33 | 3277,446369 |
| Oct | 18,8182 | 113,4609091 | 0,90473 | 0,74077 | 33 | 2509,356929 |
| Nov | 15,3182 | 79,99909091 | 0,91873 | 0,74077 | 33 | 1796,677623 |
| Dec | 11,7909 | 66,00090909 | 0,93284 | 0,74077 | 33 | 1505,060241 |
| Έτος | 17,5924 | 1707,930909 | 0,90963 | 0,74077 | 33 | 37978,1422 |



18. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) στέγαστρο στάθμευσης

| 7. Κοντέινερ Αποθήκης | | Συντελεστές απωλειών | |
|-----------------------|-------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 39,03 | σρ | 0,95 |
| Αρθ. Πάνελ | 18 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 10 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | 12 | σκ | 0,95 |
| | | σ | 0,74077 |

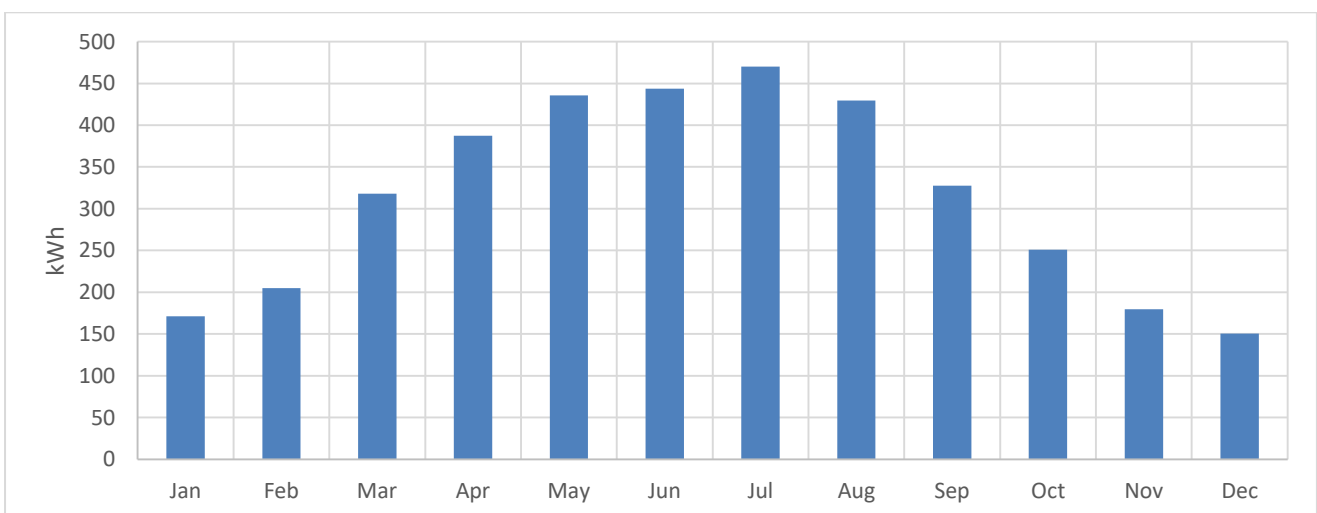
| month | T _☉ | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 74,67636364 | 0,93811 | 0,74077 | 4,95 | 256,877617 |
| Feb | 10,4636 | 89,39909091 | 0,93815 | 0,74077 | 4,95 | 307,5339302 |
| Mar | 12,4364 | 139,8036364 | 0,93025 | 0,74077 | 4,95 | 476,8810069 |
| Apr | 14,8545 | 172,0863636 | 0,92058 | 0,74077 | 4,95 | 580,896297 |
| May | 18,7455 | 196,8327273 | 0,90502 | 0,74077 | 4,95 | 653,1972859 |
| Jun | 23,0727 | 204,5290909 | 0,88771 | 0,74077 | 4,95 | 665,7566494 |
| Jul | 25,8182 | 219,2909091 | 0,87673 | 0,74077 | 4,95 | 704,9769245 |
| Aug | 26,3273 | 200,8763636 | 0,87469 | 0,74077 | 4,95 | 644,2778608 |
| Sep | 22,9909 | 150,9754545 | 0,88804 | 0,74077 | 4,95 | 491,6169554 |
| Oct | 18,8182 | 113,4609091 | 0,90473 | 0,74077 | 4,95 | 376,4035393 |
| Nov | 15,3182 | 79,99909091 | 0,91873 | 0,74077 | 4,95 | 269,5016434 |
| Dec | 11,7909 | 66,00090909 | 0,93284 | 0,74077 | 4,95 | 225,7590361 |
| Έτος | 17,5924 | 1707,930909 | 0,90963 | 0,74077 | 4,95 | 5696,72133 |



19. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) Κοντέινερ αποθήκης

| 8. Κοντέινερ Τεχνιτών | | Συντελεστές απωλειών | |
|-----------------------|---------|----------------------|---------|
| Εμβαδό | 22,9848 | σρ | 0,95 |
| Αρθ. Πάνελ | 12 | ση | 0,95 |
| Κλίση | 10 | σγ | 0,9 |
| | | σμ | 0,96 |
| Προσανατολισμός | 10 | σκ | 0,95 |
| | | σ | 0,74077 |

| month | T _c | Μέσος Μήνας (kWh/m ²) | σθ | σ | Ισχύς(kW) | Ενέργεια (kWh) |
|-------|----------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|----------------|
| Jan | 10,4727 | 74,67636364 | 0,93811 | 0,74077 | 3,3 | 171,2517447 |
| Feb | 10,4636 | 89,39909091 | 0,93815 | 0,74077 | 3,3 | 205,0226202 |
| Mar | 12,4364 | 139,8036364 | 0,93025 | 0,74077 | 3,3 | 317,9206713 |
| Apr | 14,8545 | 172,0863636 | 0,92058 | 0,74077 | 3,3 | 387,264198 |
| May | 18,7455 | 196,8327273 | 0,90502 | 0,74077 | 3,3 | 435,4648573 |
| Jun | 23,0727 | 204,5290909 | 0,88771 | 0,74077 | 3,3 | 443,8377663 |
| Jul | 25,8182 | 219,2909091 | 0,87673 | 0,74077 | 3,3 | 469,9846164 |
| Aug | 26,3273 | 200,8763636 | 0,87469 | 0,74077 | 3,3 | 429,5185739 |
| Sep | 22,9909 | 150,9754545 | 0,88804 | 0,74077 | 3,3 | 327,7446369 |
| Oct | 18,8182 | 113,4609091 | 0,90473 | 0,74077 | 3,3 | 250,9356929 |
| Nov | 15,3182 | 79,99909091 | 0,91873 | 0,74077 | 3,3 | 179,6677623 |
| Dec | 11,7909 | 66,00090909 | 0,93284 | 0,74077 | 3,3 | 150,5060241 |
| Έτος | 17,5924 | 1707,930909 | 0,90963 | 0,74077 | 3,3 | 3797,81422 |



20. Παραγόμενη ενέργεια (kWh) Κοντέινερ τεχνιτών

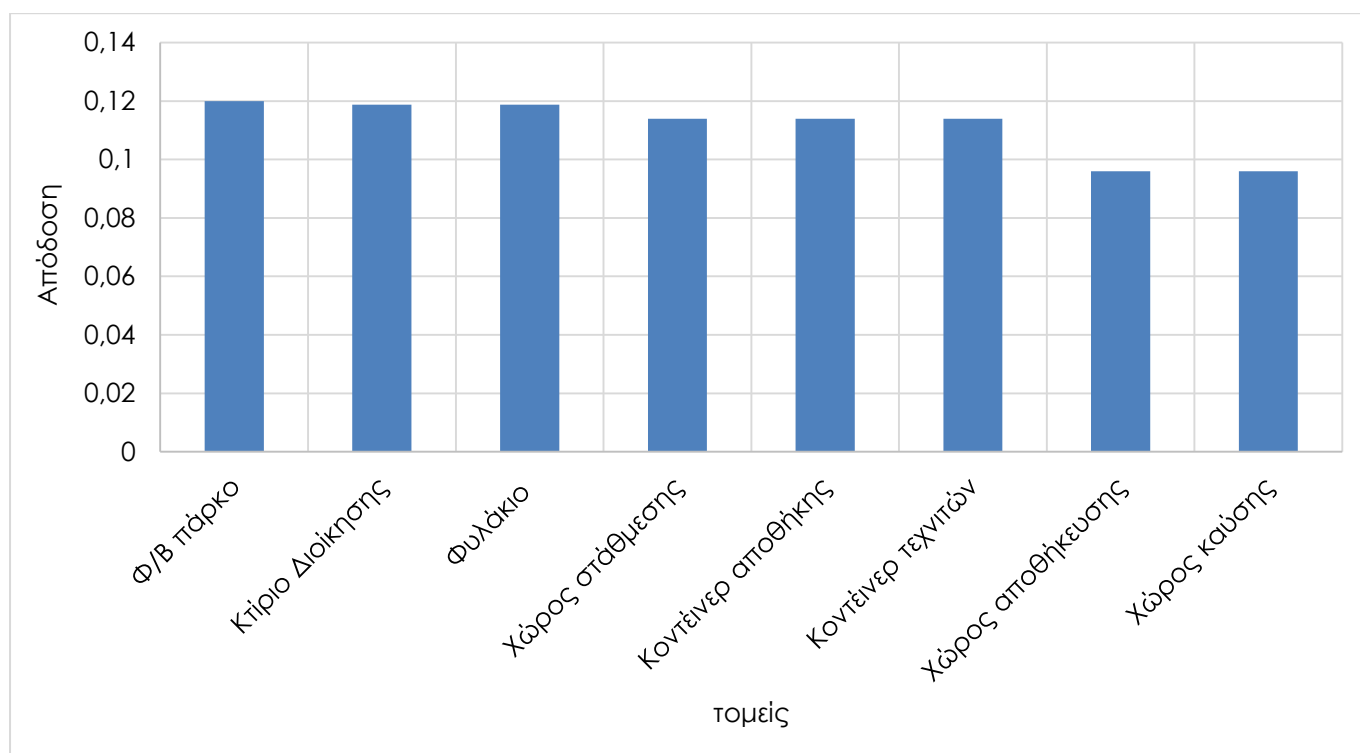
Ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια Ο βαθμός απόδοσης ανά τομέα

Για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\eta = \frac{E[kwh / m^2]}{H[kwh / m^2]}$$

όπου E είναι η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας ανά τομέα.

| ΤΟΜΕΑΣ | ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ |
|--------------------|-----------------|
| Φ/Β πάρκο | 0,119894071 |
| Κτίριο Διοίκησης | 0,11869513 |
| Φυλάκιο | 0,11869513 |
| Χώρος στάθμευσης | 0,113899368 |
| Κοντέινερ αποθήκης | 0,113899368 |
| Κοντέινερ τεχνιτών | 0,113899368 |
| Χώρος αποθήκευσης | 0,095915257 |
| Χώρος καύσης | 0,095915257 |



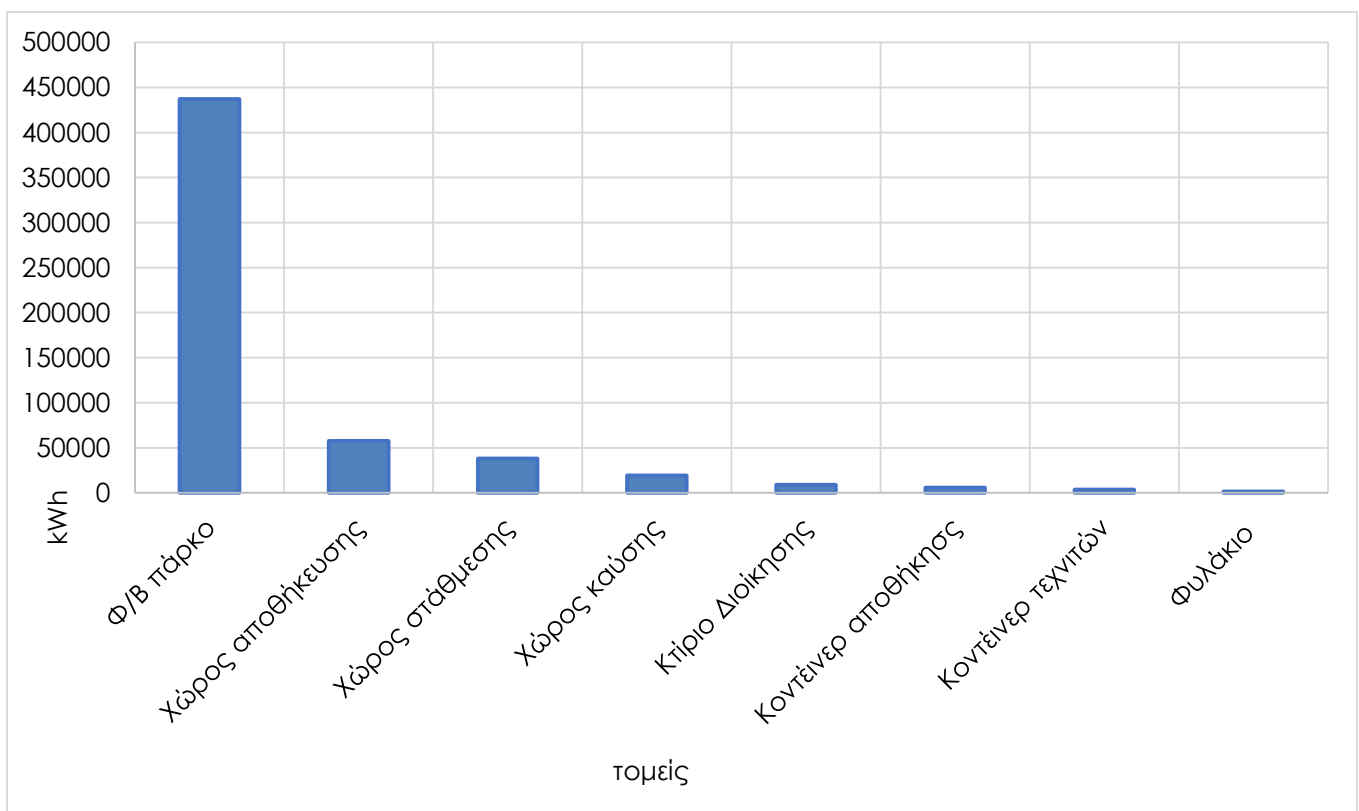
Σε γενικές γραμμές η απόδοση που δίνουν τα λογισμικά (PVGIS, PVSyst) με τις τυποποιημένες απώλειες είναι της τάξης του 0,14. Διαφορά ασήμαντη για μικρές εγκαταστάσεις, αλλά στην περίπτωση του Φ/Β πάρκου, είναι της τάξης των 40000 Kwh το χρόνο.

Η διαφορά αυτή είναι χρήσιμη για την οικονομική αξιολόγηση μιας και θα βασίζεται στην "απαισιόδοξη" παραγωγή.

Οι χαμηλοί βαθμοί απόδοσης στους τομείς του χώρου καύσης και του χώρου αποθήκευσης οφείλονται στον συντελεστή ρύπανσης, εφόσον, αποτελούν εγκαταστάσεις σε αρκετά ρυπογόνο περιβάλλον με μικρή κλίση και δύσκολη πρόσβαση για καθαρισμό.

Η μέση ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια προκύπτει από την άθροιση των μέσων μηνιαίων τιμών.

Παρατηρείται ότι το φωτοβολταϊκό πάρκο έχει μεγαλύτερη παραγωγή από όλη την υπόλοιπη εγκατάσταση. Γεγονός που οφείλεται στην εγκατεστημένη ισχύ σε αυτό, αλλά και στον υψηλό βαθμό απόδοσης του σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις.



Επενδυτική αξιολόγηση

Η εν λόγω επένδυση με συνολική εγκαταστημένη ισχύ 471,9 KWp ανήκει στην κατηγορία των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με συνολική ισχύ έως 500 KWp.

Σύμφωνα με το Ν.3851/2010 που είναι σε ισχύ, δεν απαιτείται άδεια παραγωγής και έγκριση περιβαλλοντικών όρων γι' αυτή την εγκατάσταση. Αντιθέτως, χρειάζεται βεβαίωση απαλλαγής ΕΠΟ (Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων) από την αρμόδια Αποκεντρωμένη Διοίκηση, η οποία, σύμφωνα με τον νόμο, δίνεται σε 20 μέρες μετά από την υποβολή της σχετικής αίτησης. Οι λοιπές διαδικασίες δεν είναι ούτε κοστοβόρες, ούτε χρονοβόρες, δεδομένο που είναι ελκυστικό σε μία επένδυση. Αναλυτικότερα, απαιτείται έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, προσφορά όρων σύνδεσης από τον ΔΕΔΔΗΕ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΑΠΕΕΠ (Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης, πρώην ΛΑΓΗΕ).

Στα συστήματα με εγκαταστημένη ισχύ μικρότερη των 500 KWp, δίδεται η δυνατότητα πώλησης της ενέργειας με σταθερή τιμή Feed In Tariffs. Γι' αυτή τη διαδικασία δεν είναι αναγκαίος διαγωνισμός, ενώ από το 2021 κι έπειτα, ενδέχεται να είναι ανταγωνίσιμη η σταθερή τιμή πώλησης 65 ευρώ ανά μεγαβατώρα σε σύγκριση με την προσαυξημένη τιμή πώλησης ανά έτος Feed in premium.³⁰

Το κόστος της επένδυσης φωτοβολταϊκών πάρκων, όπως έχει ήδη αναφερθεί, σύμφωνα με το Ε.Σ.Ε.Κ θα φτάσει τα 737 ευρώ ανά κιλοβάτ μέσα στο έτος.

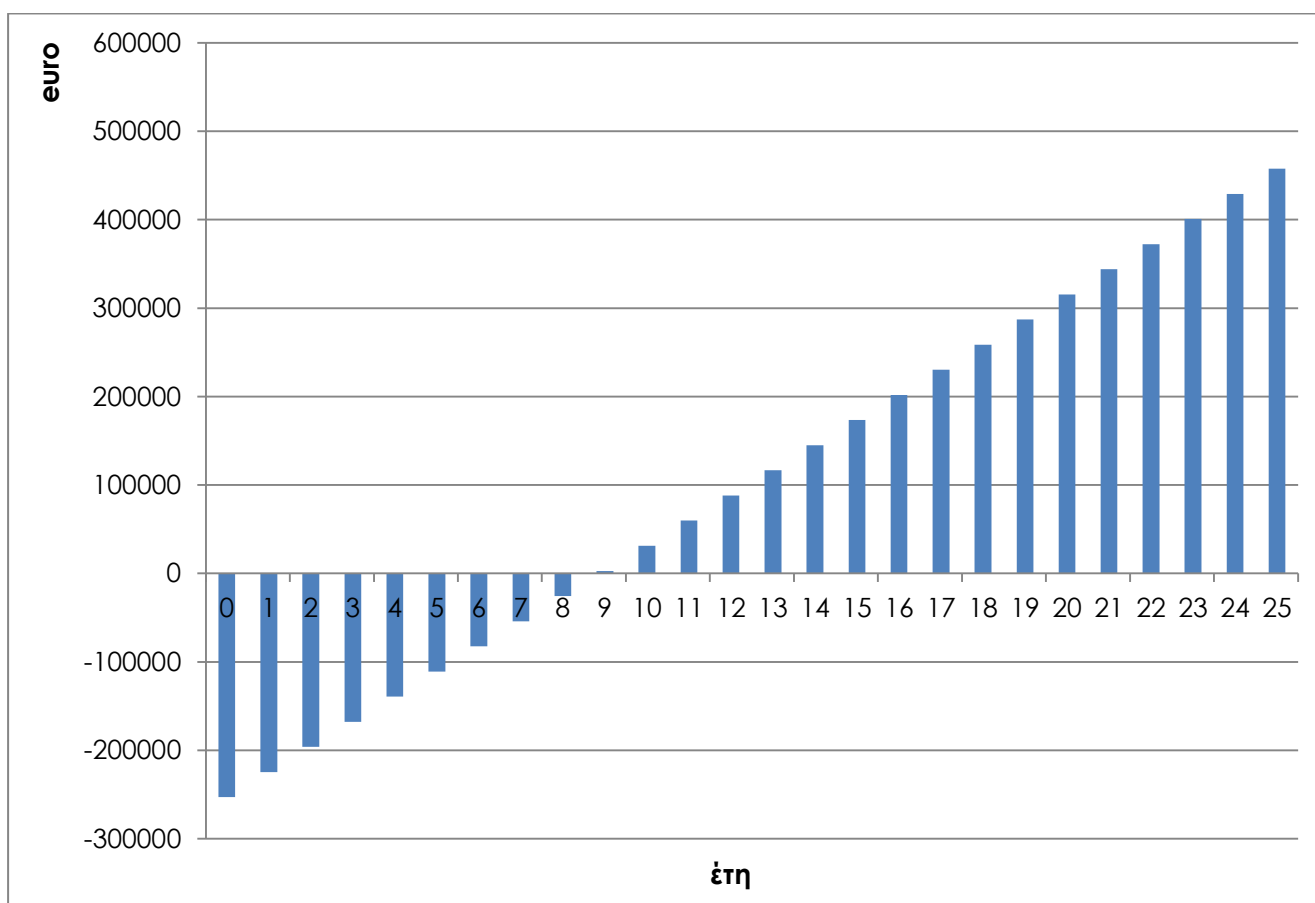
Με βάση αυτά τα δεδομένα, για την συνολική εγκατάσταση φωτοβολταϊκών προκύπτει:

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Σύνολο εγκατάστασης | |
| Συνολική Ισχύ Kw | 471,9 |
| Κόστος εγκ.Ευρώ/kw | 737 |
| Συνολική Ενέργεια (kwh) | 571919,1066 |
| Τιμή πώλησης (εωρώ/kwh) | 0,065 |
| Αρχ Κεφάλαιο | 347790,3 |
| Κέρδος σε ευρώ το έτος | 37174,7 |
| Χρόνος απόσβεσης | 9,4 |
| Χρόνος Διπλασιασμού | 18,7 |
| Κέρδος σε ευρώ την 20ετία | 395705 |

³⁰ Η τιμή πώλησης 0,065 ευρώ/kWh έχει προκύψει από εκτιμήσεις που πραγματοποίησε ο Δρ. Στέλιος Λουμάκης πρόεδρος του ΣΠΕΦ (Σύνδεσμος Παραγωγών Ενέργειας με Φωτοβολταϊκά) σε άρθρο του στην εφημερίδα Energypress στις 12 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2020.

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Ρυθμός απόσβεσης | - 3477 90 | - 3106 15 | - 2734 40 | - 2362 65 | - 1990 90 | - 1619 15 | - 1247 40 | - 8756 5 | - 5039 0 | - 1321 5 | + 2396 0 |
| Έτος | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ρυθμός απόσβεσης | 61135 | 98310 | 13548 5 | 17266 0 | 20983 5 | 24701 0 | 28418 5 | 32136 0 | 35853 5 | 39571 0 |
| Έτος | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |



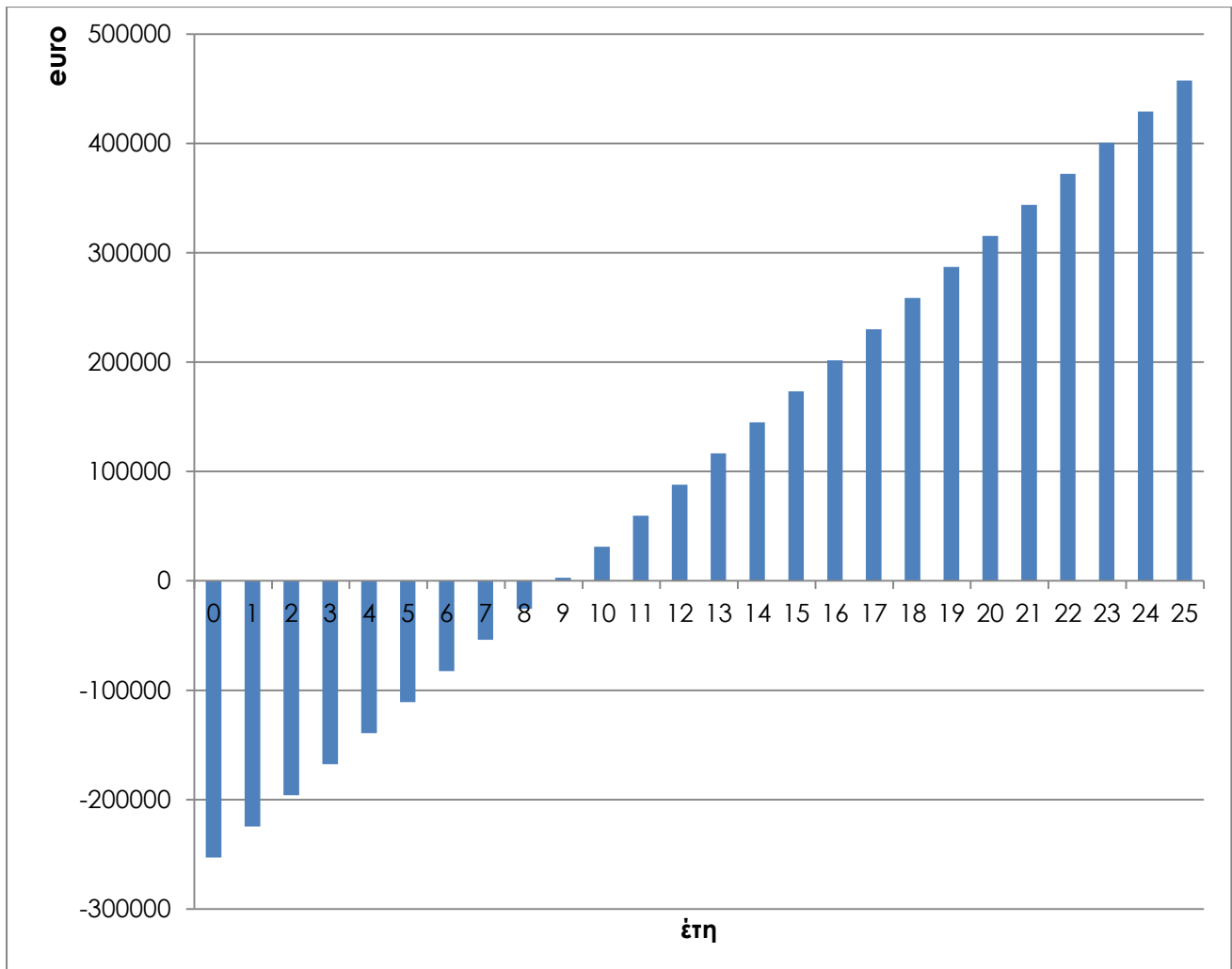
21. Παρατηρείται ότι η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με χρόνο αποπληρωμής τα 9 έτη και 5 μήνες και διπλασιασμό των χρημάτων πριν την λήξη της 20ετίας θεωρείται βιώσιμη. Φυσικά έχει χαμηλό βαθμό απόδοσης γεγονός που οφείλεται κυρίως στην χαμηλή τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας.

Μία καλύτερη επένδυση, αλλά αρκετά αισιόδοξη και όχι τόσο ρεαλιστική, θα ήταν η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου, αλλά με την διατήρηση του ίδιου κόστους εγκατάστασης.

| Φ/Β πάρκο | |
|--------------------------------|-------------|
| Συνολική Ισχύ Kw | 343,2 |
| Κόστος εγκ.Ευρώ/kw | 737 |
| Συνολική Ενέργεια (kwh) | 437284,0843 |
| Τιμή πώλησης (εωρώ/kwh) | 0,065 |
| Αρχ Κεφάλαιο | 252938,4 |
| Κέρδος σε ευρώ το έτος | 28423,5 |
| Χρόνος απόσβεσης | 8,9 |
| Χρόνος Διπλασιασμού | 17,8 |
| Κέρδος | 315531 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|
| Ρυθμός απόσβεσης | - 2529 38 | - 2245 15 | - 1960 91 | - 1676 68 | - 1392 44 | - 1108 21 | - 8239 7 | - 5397 4 | - 2555 0 | +287 3 | +312 97 |
| Έτος | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

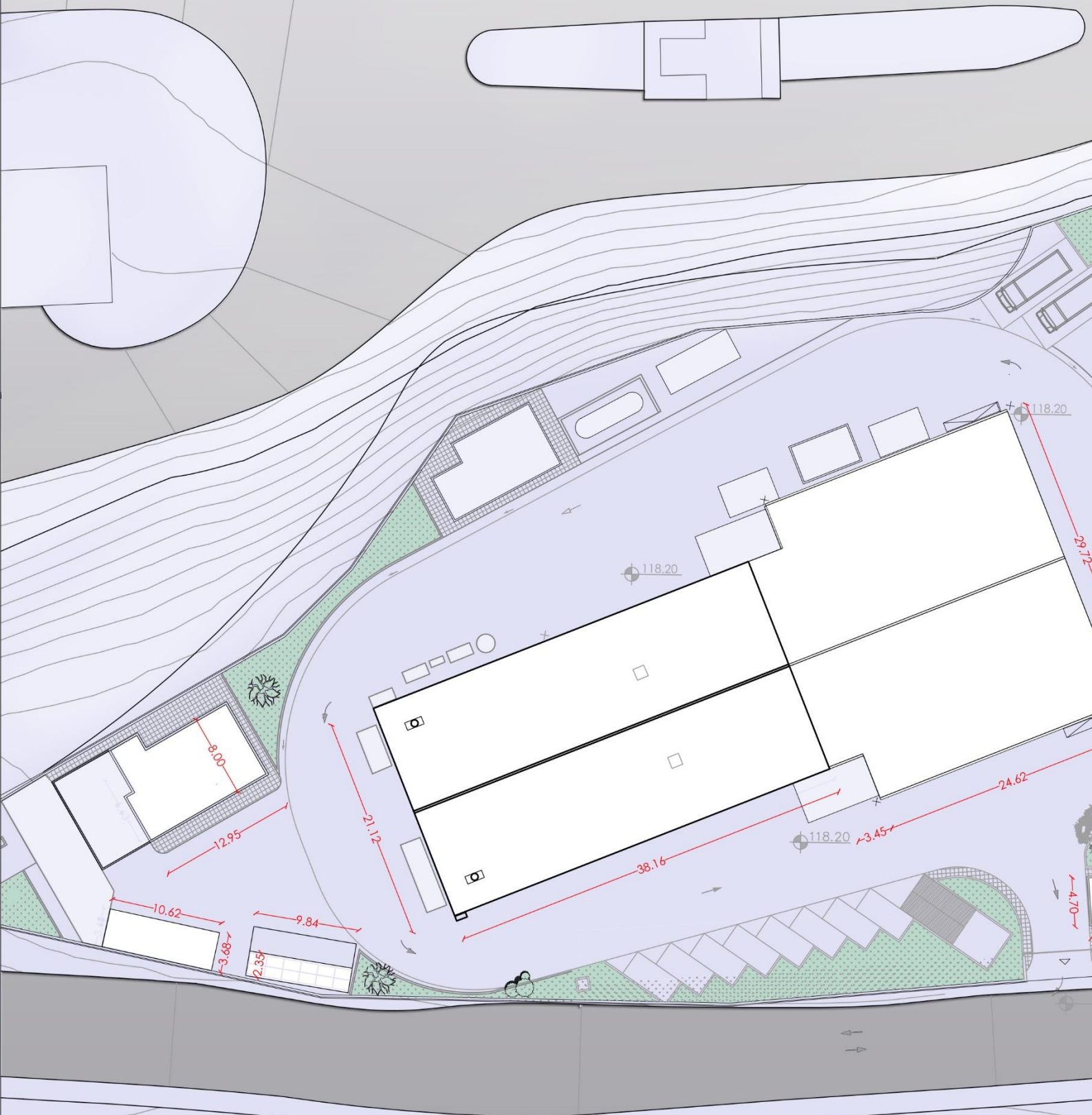
| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ρυθμός απόσβεσης | 59720 | 88144 | 11656 7 | 14499 1 | 17341 4 | 20183 8 | 23026 1 | 25868 5 | 28710 8 | 31553 2 |
| Έτος | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

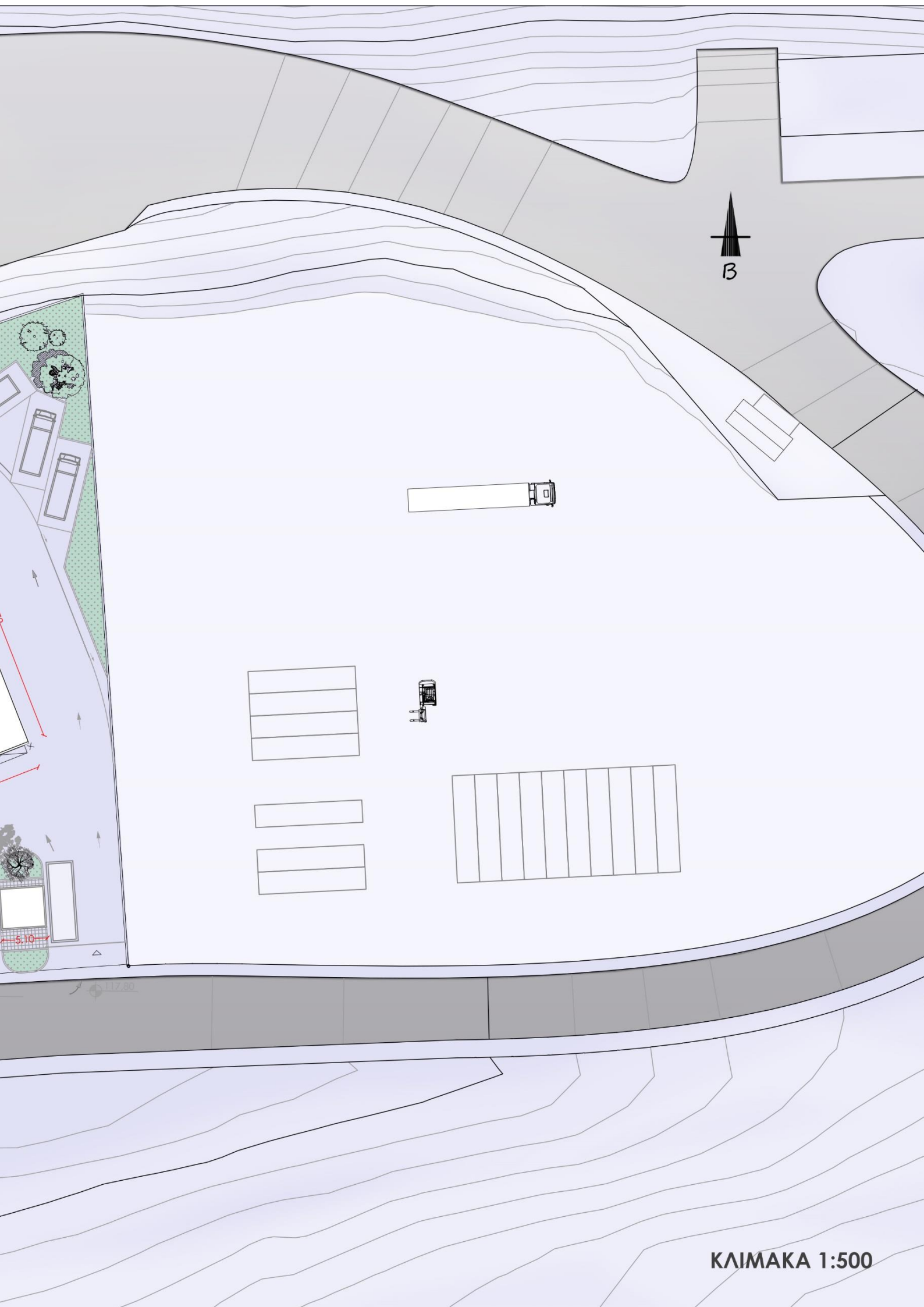


Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνεται ότι παρόλο που το φωτοβολταϊκό πάρκο από μόνο του έχει πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης, ο χρόνος απόσβεσης και διπλασιασμού, 8 έτη με 9 μήνες και 17 έτη αντίστοιχα, δεν βελτιώνεται αισθητά. Γεγονός που οφείλεται στις χαμηλές τιμές πώλησης. Θεωρείται βιώσιμη επένδυση με την προϋπόθεση ότι το κόστος εγκατάστασης ανέρχεται σε 737 ευρώ ανά kw.

Συμπερασματικά και στις δύο περιπτώσεις έχουμε βιώσιμες επενδύσεις με τουλάχιστον διπλασιασμό του αρχικού κεφαλαίου. Ενώ, όπως έχει ήδη αναλυθεί, η επένδυση δεν επικεντρώνεται αποκλειστικά στο οικονομικό σκέλος με τις απολαβές να αυξάνονται έμμεσα μέσω των πολύπλοκων κοινωνικών και οικονομικών διαδικασιών που περιγράφηκαν σε προηγούμενα κεφάλια.

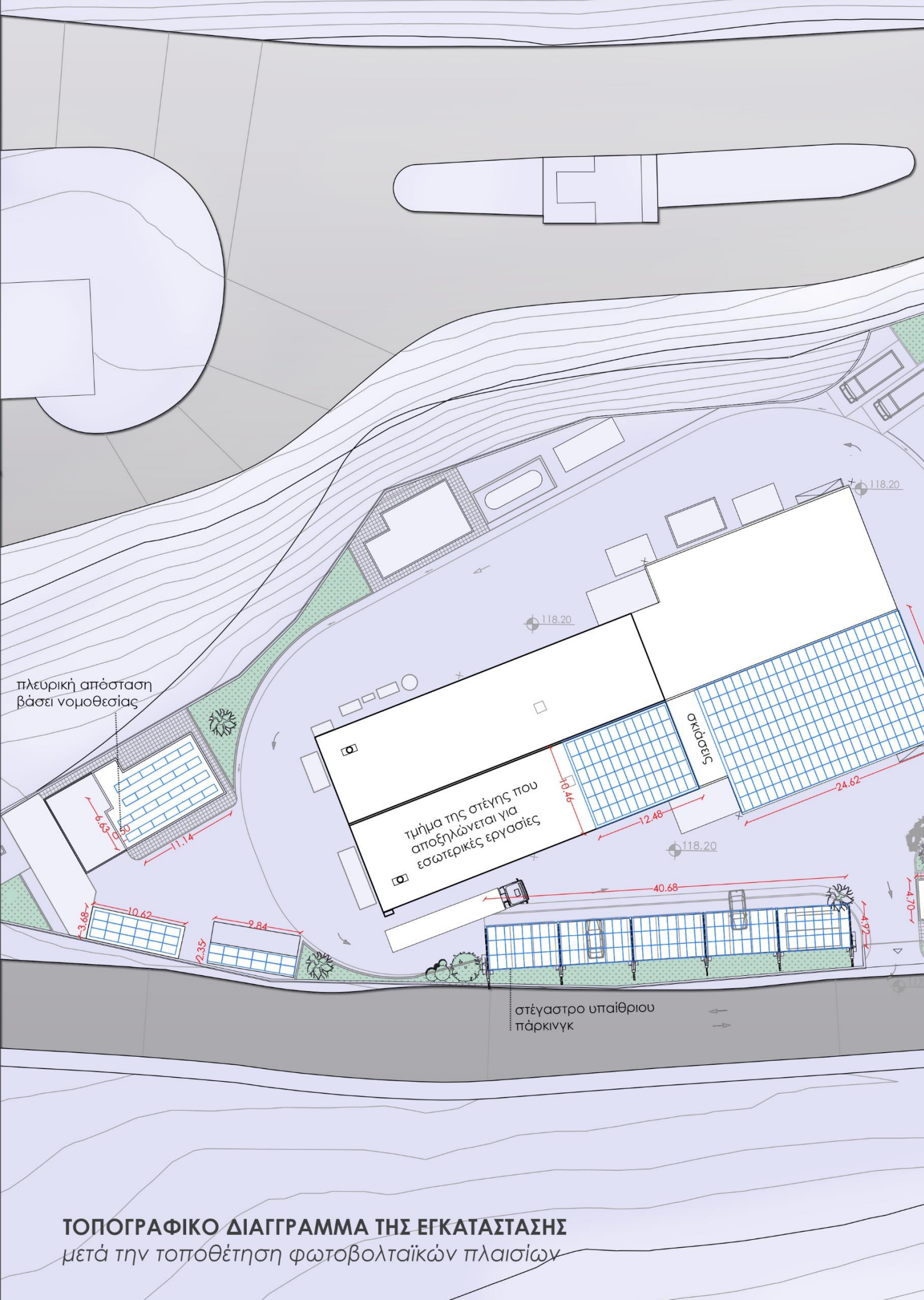
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



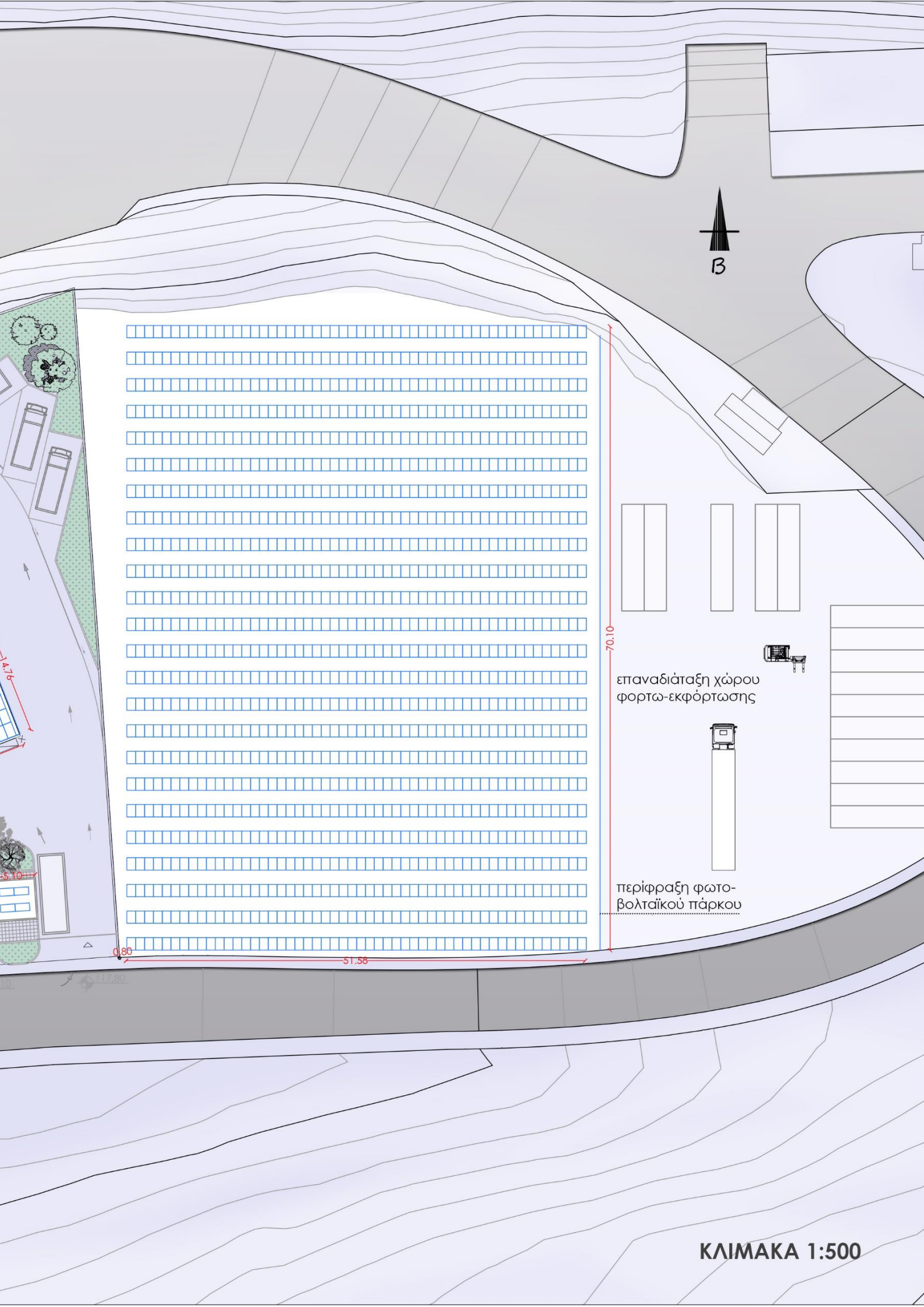


5.10

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:500



ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
 μετά την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων



Συμπερασματικά

Ολοκληρώνοντας την μελέτη της βέλτιστης εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στο συγκρότημα του Αποτεφρωτήρα των Λιοσίων, θα αναλογιστεί κανείς αν αξίζει τελικά τόσο κόπο και τόσο χρήμα για την εγκατάσταση, ενός συστήματος το οποίο δεν δύναται να καλύψει σε μεγάλο ποσοστό τις ίδιες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Επίσης, σε μια περίοδο οικονομικής δυσπραγίας, ποια ρισοκίνδυνη-ρηξικέλυθη διεύθυνση θα επένδυε ένα τέτοιο κεφάλαιο στην πράσινη ανάπτυξη.

Κι όμως έχει αποδειχθεί πως οι καινοτόμες ιδέες έχουν πλέον επιτυχία. Ο βιομηχανικός κλάδος, ιδιαίτερα περιορισμένος στην Ελλάδα, έχει φτάσει σε επίπεδα υψηλού κορεσμού.



Δράσεις φιλικές με το περιβάλλον, κινήσεις που προσβλέπουν στην προστασία του, θα δώσουν πνοή ζωής, τόσο στο οικοσύστημα, όσο και στην κοινωνία. Κατ' ουσία, οι χρηματικές επενδύσεις σε τεχνολογίες μείωσης της εκπομπής ρύπων κι ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι επενδύσεις στο κεφάλαιο άνθρωπος

Οπότε, κάνοντας μια συνολική θεώρηση των πραγμάτων, πέρα από το συγκεκριμένο παράδειγμα εργασίας, τον Αποτεφρωτήρα, ας σκεφτεί, ο προηγούμενος δυσπειθής αναγνώστης το ενδεχόμενο η πλειοψηφία των βιομηχανικών μονάδων του ΧΥΤΑ Φυλής να υιοθετούσε αντίστοιχες τεχνολογίες. Σε αυτή την περίπτωση το τοπίο θα αναμορφώνονταν ριζικά με θετικά επακόλουθα στο περιβάλλον, στους εργαζομένους ακόμη και στην ευρύτερη κοινότητα.



Βιβλιογραφία

Ελληνικά συγγράμματα

Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας - Ηλιακή Ακτινοβολία Συγγραφείς : ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Χ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ ΚΟΣΜΑΣ, ΛΑΜΠΡΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ-ΚΑΛΟΜΟΙΡΑ Εκδόσεις: ΑΘ.ΣΤΑΜΟΥΛΗ

Μελέτη Φωτοβολταϊκού Πάρκου 60KW ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Γεώργιος Β. Ασημακόπουλος Σπυρίδων Β. Λέτσης Επιβλέπων : Πέτρος Καραϊσάς Καθηγητής ΑΤΕΙ Πειραιά Αθήνα, Ιούνιος 2013

ΓΕΩΡΓΙΑ ΠΑΠΟΥΤΣΗ, Διπλωματική εργασία: "Διαχείριση επικίνδυνων ιατρικών αποβλήτων υγειονομικών μονάδων – σκοπιμότητα κι εκτίμηση κινδύνου για τη δημιουργία μονάδας αποτέφρωσης στη Δυτική Ελλάδα".

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ από την Θεωρία στην Πράξη, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π, Κωνσταντίνος Θ. Δέρβος.

ΤΕΕ, Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας, Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων (Πόρισμα Ομάδας Εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ όπως εγκρίθηκε με την απόφαση Α159/Σ9/11.04.2011 της Διοικούσας Επιτροπής),

ΠΡΑΣΙΝΗ ΒΙΒΛΟΣ, "Πλαίσιο για τις πολιτικές που αφορούν το κλίμα και την ενέργεια με χρονικό ορίζοντα το έτος 2030", Βρυξέλλες, 27.3.2013

Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Νοέμβριος του 2019 Αθήνα.

Ξενόγλωσσα συγγράμματα

Bollmeyer, C., Keller, J.D., Ohlwein, C., Wahl, S., Crewell, S., Friederichs, P., Hense, A., Keune, J., Kneifel, S., Pscheidt, I., Redl, S., Steinke, S.: Towards a high-resolution regional reanalysis for the European CORDEX system Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 2015, 141, 1-15.

M. King Hubbert, NUCLEAR ENERGY AND FOSSIL FUELS, SHELL DEVELOPMENT COMPANY, EXPLORATION AND PRODUCTION RESEARCH DIVISION, HOUSTON, TEXAS, JUNE 1956.

Rachel Carson, " Silent Spring", Houghton Mifflin, September 27, 1962.

Roland Berger Study – Executive Summary, Athens, November 2014 & A European comparison of electricity and gas prices for large industrial consumers 29 March 2017 Final report 2017 update.

The European Green deal - European Commission Political Guidelines - European Commission

The Future of Solar Energy AN INTERDISCIPLINARY MIT STUDY, 2015, Copyright © 2015 Massachusetts Institute of Technology

Κείμενη νομοθεσία

ΦΕΚ 376 ΑΑΠ, 06/09/2010

Υπουργική Απόφαση οικ.11535/1993 - ΦΕΚ Α-328/6-5-1993

Αρθ. Οικ. 41845/1848/2017

ΦΕΚ 3649/Β/16-10-2017

Νόμος 4646/2019 - ΦΕΚ 201/Α/12-12-2019

Σύνδεσμοι

<https://www.apotefrotiras.gr/>

<https://re.jrc.ec.europa.eu/>

<http://www.roperld.com/> L. David Roper Professor Emeritus of Physics, College of Arts and Sciences at Virginia Polytechnic Institute and State University.

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) <http://www.cres.gr>
e-nomothesia.gr.

ΕΔΣΝΑ (Ειδικός Διαβαθμιδικός Σύνδεσμος Νομού Αττικής) www.edsna.gr .

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών <https://helapco.gr/>

Δημοσιογραφικό ενημερωτικό portal για την ενέργεια <https://energypress.gr/>

Σύνδεσμος Παραγωγών Ενέργειας με Φωτοβολταϊκά <http://spef.gr/>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας <http://www.ypεκα.gr/>

