Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

“Διαχείριση έργου κατασκευής φωτοβολταϊκού πάρκου στην περιφέρεια Θεσσαλίας”

Όνομα φοιτήτριας: Κιρμιζάκη Μαρία

Όνομα επιβλέποντα Καθηγητή: Μαρκάκη Μαρία

Ηράκλειο, Σεπτέμβριος 2022

Copyright © Κιρμιζάκη Μαρία, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το πρόγραμμα δεν υποδηλώνει απαραιτήτως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Μαρκάκη Μαρίας, την οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για τη στήριξη που μου παρείχε, αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους μου έδωσαν πληροφορίες και δεδομένα που κατέστησαν εφικτή την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, δεν μπορώ να παραλείψω να ευχαριστήσω τα αγαπημένα μου πρόσωπα, την οικογένειά μου τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου όλα τα χρόνια των σπουδών μου, για την αγάπη, την ηθική και ψυχολογική υποστήριξή τους.

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα, η οποία πραγματοποιείται στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Οργάνωση και Διοίκηση για μηχανικούς, γίνεται προσπάθεια να αναδειχθεί η χρησιμότητα ενός πληροφοριακού συστήματος στη διαχείριση έργων και ιδιαίτερα η αξιοποίησή του στην κατασκευή φωτοβολταϊκού συστήματος 500kw. Στην περιφέρεια Θεσσαλίας. Διανύουμε μια περίοδο, όπου διαρκώς παρουσιάζονται και εντείνονται προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ενώ ταυτόχρονα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου ανησυχεί όλο και περισσότερο κάθε ορθολογικά σκεπτικό ον στον πλανήτη μας. Ως αποτέλεσμα, καταβάλλονται προσπάθειες για την ενίσχυση του συστήματος παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα, παρουσιάζει τεράστια πλεονέκτημα, σε σύγκριση με άλλες μορφές ενέργειας, όπως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου παρέχει τη μέγιστη παραγόμενη ισχύς, προσδιορίζεται η μέγιστη ανάγκη κάλυψης των αναγκών.

Η συγκεκριμένη έρευνα περιέχει τον οικονομικό και χρονικό σχεδιασμός σε ένα πραγματικό ιδιωτικό έργο, μικρής κλίμακας, με χρήσιμα αποτελέσματα. Ξεκινάει αναλύοντας το τι είναι στην πραγματικότητα η διαχείριση έργου και ποια είναι η σημασία της. Συνεχίζει δίνοντας έμφαση στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο και τη δημιουργία ενός πάρκου και προχωράει μαθαίνοντας τη διαχείριση ενός τέτοιου έργου μέσω του προγράμματος MS Project.

Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εφαρμογής και τα πλεονεκτήματα από αυτή.

Abstract

In this research, which is carried out as part of the Master's degree program of Organization and Management for engineers, an attempt is made to highlight the usefulness of an information system in project management and especially its utilization in the construction of a 500kw photovoltaic system in the region of Thessaly. We are going through a period where air pollution problems are constantly occurring and intensifying, while at the same time, the greenhouse effect is increasingly worrying every rationally thinking being on our planet. As a result, efforts are being made to strengthen the renewable energy generation system. The production of electricity from photovoltaic systems presents a huge advantage, compared to other forms of energy, such as during the day, when it provides the maximum generated power, the maximum need to cover the needs is determined.

This specific research contains the financial and time planning in a real private project, small scale, with useful results. It begins by analyzing what project management actually is and what it means. He continues to emphasize the photovoltaic effect and the creation of a park and proceeds to learn the management of such a project through the MS project program.

Finally, the conclusions of the application and its advantages are presented.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 10
1.1 Σκοπός εργασίας 10
1.2 Τι είναι το έργο και από τι αποτελείται 10
1.4 Ο κύκλος ζωής του έργου 14
1.5 Ο ρόλος του διαχειριστή έργου (Project Manager) 17
Κεφάλαιο 2 18
2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο 18
2.2 Στοιχεία που αποτελούν το φωτοβολταϊκό σύστημα 19
Κεφάλαιο 3 29
3.1 Αδειοδότηση: 29
3.2 Υλικά και μηχανήματα που επιλέχθηκαν: 30
3.3 **Περιγραφή εργασιών** 35
Κεφάλαιο 4 40
Υλοποίηση του Έργου στο MS-Project 40
Κεφάλαιο 5 58
Επισκόπηση και αναφορές 58
Κεφάλαιο 6 64
Συμπεράσματα 64

Παραρτήματα

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1: Οι βασικοί τύποι συσχέτισης εργασιών 12
Εικόνα 2: Bifacial panel 22
Εικόνα 3: Ο πρώτος αντιστροφέας 23
Εικόνα 4: Κίνηση με τον ήλιο 25
Εικόνα 5: Πάρκο με σταθερό σύστημα στήριξης 25
Εικόνα 6: Περιστρεφόμενο σύστημα στήριξης (Tracker system) 26
Εικόνα 7: Οικίσκος φ/β πάρκου 28
Εικόνα 8: Χαρακτηριστικά πάνελ 31
Εικόνα 9: Αρχικά χαρακτηριστικά πάνελ Bifacial 31
Εικόνα 10: Χαρακτηριστικά αντιστροφέα 32
Εικόνα 11: Small string inverter 32
Εικόνα 12: Διάγραμμα WBS 34
Εικόνα 13: Ημερολόγιο έργου 41
Εικόνα 14: Πληροφορίες έργου 42
Εικόνα 15: Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ 42
Εικόνα 16: Αργίες και εξαιρέσεις 43
Εικόνα 17: Λεπτομέρειες εξαιρέσεων 44
Εικόνα 18: Ρυθμίσεις και περαιτέρω επιλογές 45
Εικόνα 19: Προγραμματισμός επιλογών 45
Εικόνα 20: Πληροφορίες εργασίας 46
Εικόνα 21: Προαπαιτούμενες εργασίες 47
Εικόνα 22: Ρυθμίσεις για προχωρημένους 47
Εικόνα 23: Δυνατότητα προσθήκης σημειώσεων 48
Εικόνα 24: Πρώτη εικόνα στο MS Project 49
Εικόνα 25: Παρουσίαση ημερολογίου 50
Εικόνα 26: Διάγραμμα δικτύου σε σύμπτυξη 51
Εικόνα 27: Διάγραμμα δικτύου 51
Εικόνα 28: Φύλλο πόρων 53
Εικόνα 29: Πληροφορίες πόρου 53
Εικόνα 30: Συμπλήρωση της καρτέλας "Γενικά" 54
Εικόνα 31: Συμπλήρωση της καρτέλας "Κόστος" 54
Εικόνα 32: Οι πόροι συνολικά 55
Εικόνα 33: Συμπληρωμένο διάγραμμα Gantt 56
Εικόνα 34: Διάγραμμα Gantt σε μεγέθυνση 56
Εικόνα 35: Στατιστικά στοιχεία έργου 57
Εικόνα 36: Πόροι σε υπερφόρτωση 57
Εικόνα 37: Έλεγχος έργου 58
Εικόνα 38: Κατάσταση κόστους 59
Εικόνα 39: Κατανομή κόστους 60
Εικόνα 40: Κατάσταση κόστους για πόρους εργασίας 60
Εικόνα 41: Κατανομή κόστους 61
Εικόνα 42: Κατάσταση ανθρώπινων πόρων 61
Εικόνα 43: Κατάσταση όγκου εργασίας 62
Εικόνα 44: Κατάσταση υπερφορτωμένων πόρων 62
Εικόνα 45: Πόροι με υπερ-ανάθεση 63

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1:Από την κυψέλη στο φ/β πλαίσιο 21
Πίνακας 2: Κόστη και δραστηριότητες 33
Πίνακας 3: Διάρκεια δραστηριοτήτων 37
Πίνακας 4: Αλληλουχία δραστηριοτήτων 38

Κεφάλαιο 1

1.1 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αποτύπωση της σωστής διαχείρισης ενός έργου ΑΠΕ. Πιο συγκεκριμένα, θα παρουσιαστεί η διαδικασία κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 500KW.

Αυτό θα γίνει μέσω του χρονικού και οικονομικού προγραμματισμού, χρησιμοποιώντας κατάλληλα εργαλεία, ώστε να ολοκληρωθεί με τη χρήση ελάχιστων πόρων και κόστους στον καλύτερο δυνατό χρόνο. Έχει ως θέμα την ανάλυση της σημασίας της διαχείρισης ενός έργου και ιδιαίτερα στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των πλεονεκτημάτων που μπορεί να έχει η χρήση ενός πληροφοριακού συστήματος διαχείρισης έργου.

1.2 Τι είναι το έργο και από τι αποτελείται

«Έργο είναι "μια προσωρινή προσπάθεια που αναλαμβάνεται για να δημιουργηθεί ένα μοναδικό προϊόν ή υπηρεσία" » (Project Management Institute, 2000).

Ένα έργο αποτελείται από μια ομάδα αλληλένδετων εργασιακών δραστηριοτήτων που περιορίζονται από συγκεκριμένο εύρος, προϋπολογισμό και χρονοδιάγραμμα για την παροχή κεφαλαιουχικών περιουσιακών στοιχείων που απαιτούνται για την επίτευξη των στρατηγικών στόχων ενός Οργανισμού[1]. Τα έργα ορίζονται από το εύρος, τον προϋπολογισμό και το χρονοδιάγραμμά τους. Το χρονοδιάγραμμα καθορίζει μια καθορισμένη αρχή και τέλος. Τα έργα περνούν από έναν κύκλο ζωής φάσεων μεταξύ της αρχής και του τέλους τους που για τα κατασκευαστικά έργα είναι συνήθως: έναρξη, σχεδιασμός, εκτέλεση, έλεγχος και κλείσιμο. Η διαχείριση έργου αφορά την ολοκλήρωση του έργου μέσα από ποικίλες διαδικασίες όπως ο χρονοπρογραμματισμός, ο σωστός σχεδιασμός και η λήψη των σωστών αποφάσεων. Είναι μια αρκετά απαιτητική διαδικασία αν σκεφτεί κάποιος πόσες συνιστώσες υπάρχουν για την επιτυχή ολοκλήρωση ενός έργου[2].Το τι σημαίνει διαχείριση έργου φαίνεται να είναι γνωστό με την πρώτη ματιά: Εκτέλεση των καθηκόντων της έναρξης, του σχεδιασμού, της εκτέλεσης, της παρακολούθησης και της ολοκλήρωσης των έργων. Με τη δεύτερη ματιά, ωστόσο, τίθεται επανειλημμένα το ερώτημα εάν μια συγκεκριμένη επιχείρηση πρέπει να οριστεί και να οργανωθεί ως «έργο», ως «εργασία» ή ως «υπόθεση». Αυτό συμβαίνει γιατί

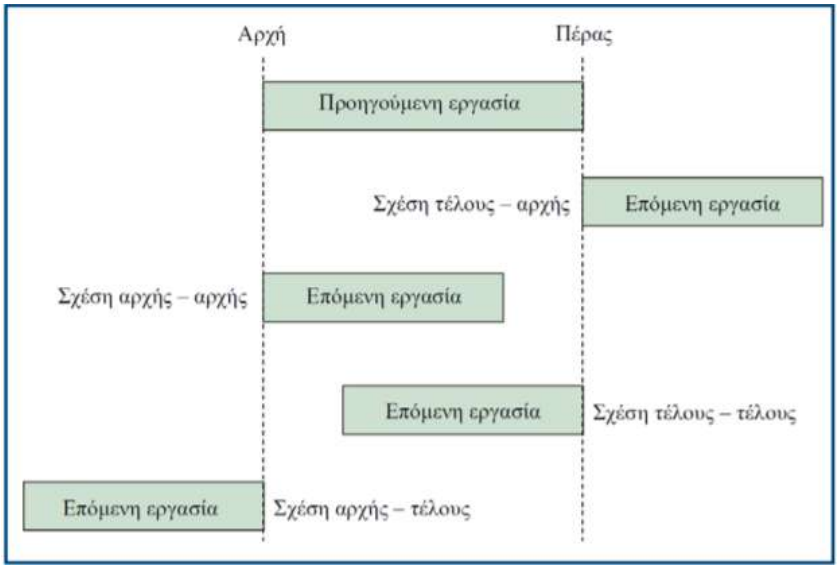
κάθε κατηγορία περιλαμβάνει διαφορετικές διοικητικές προσπάθειες[3]. Η κύρια πρόκληση της διαχείρισης έργων είναι η επίτευξη όλων των στόχων που έχουν τεθεί εντός των περιορισμών που υπάρχουν. Αναφορικά με τους περιορισμούς, μπορεί να είναι οικονομικής φύσης ή και χρονικής. Αυτό καθιστά τον χρονοπρογραμματισμό αλλά και τον οικονομικό προγραμματισμό τις δύο προκλήσεις που έχει να έρθει αντιμέτωπος Project manager[4].

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το έργο είναι κάτι χρονικά καθορισμένο, δηλαδή, έχει καθορισμένη αρχή και τέλος. Ο χρονικός προγραμματισμός του έργου είναι ένα σημαντικό στάδιο στην πορεία του έργου διότι μας δίνει τη δυνατότητα μέσω γραφημάτων και υπολογισμών να υπολογίσουμε τα χρονικά χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων που πρέπει να υλοποιηθούν. Τα χρονικά χαρακτηριστικά που ψάχνουμε είναι η έναρξη της δραστηριότητας, η λήξη της αλλά και η πιθανότητες καθυστέρησης αυτών των δύο ημερομηνιών. Ως καθυστέρηση όρίζουμε την υπέρβαση του χρονικού περιθωρίου όπου και δίνει παράταση στην ημερομηνία λήξης του έργου. Πολλές φορές οι καθυστερήσεις οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα που εμφανίζονται ανάλογα με την περίοδο στην οποία διατελείται το έργο όπως για παράδειγμα πλημμύρες, καταιγίδες και χιονοπτώσεις που οδηγούν στην μεταβολή των εδαφολογικών συνθηκών και παραμέτρων (πιθανή καθίζηση) με αποτέλεσμα να απαιτείται ο επαναπρογραμματισμός. Άλλες φορές οι καθυστερήσεις οφείλονται σταν αλλαγή των προτιμήσεων του πελάτη.Οι ίδιοι οι ιδιοκτήτες είναι αυτοί που βοηθούν στην καθυστέρηση του έργου τους αφού στα μέσα της πορείας του έργου αποφασίζουν να ζητήσουν αλλαγές που αναμενόμενα επιφέρουν καθυστερήσεις για την ημερομηνία περάτωσης του έργου. Οι καθυστερήσεις αυτές όμως δεν πετυχαίνουν μόνο την καθυστέρηση στον χρόνο παράδοσης του έργου στον ιδιοκτήτη του αλλά και στην μείωση της παραγωγικότητας μαζί με αύξηση του τελικού κόστους. Όπως καταλαβαίνουμε, στον χρονικό προγραμματισμό υπάρχουν πολλές δραστηριότητες που πρέπει να γίνουν και το περιθώριο χρόνου και καθυστερήσεων είναι στενό. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να υπολογιστούν τυχών αποκλίσεις από τα προβλεπόμενα και πιθανές συνέπειες του στην τήρηση του χρονοδιαγράμματος του έργου. Επίσης, περιλαμβάνει την ανάλυση πόρων όσον αφορά τις απαιτήσεις και τη διαθεσιμότητά τους, την ανάθεση πόρων στις εργασίες και τη διερεύνηση της δυνατότητας καλύτερης διαχείρισης των πιο απαιτητικών στιγμών αναφορικά με την κατανομή των πόρων. Είναι φανερό ότι μέσα από τη λεπτομερή ανάλυση των δραστηριοτήτων του έργου στο χρονοδιάγραμμα θα μπορεί να επιτευχθεί και ο συνεχής έλεγχος που αφορά την πρόοδο του έργου. Σε πολλά έργα όταν έρχεται το πέρας μιας διαδικασίας έρχεται η αρχή της επόμενης. Αυτό όμως δεν συμβαίνει

πάντα, υπάρχουν οι παράλληλες και οι ανεξάρτητες εργασίες. Η παράλληλη εκτέλεση εργασιών για παράδειγμα, μας βοηθάει να αξιοποιήσουμε καλύτερα τον διαθέσιμο χρόνο μας.

Οι βασικοί τύποι συσχέτισης εργασιών είναι:

- Σχέση τέλους – αρχής (FS): Η επόμενη εργασία αρχίζει μόλις τελειώσει η προηγούμενη.
- Σχέση αρχής – αρχής (SS): Η επόμενη εργασία αρχίζει ταυτόχρονα με την προηγούμενη.
- Σχέση τέλους – τέλους (FF): Η επόμενη εργασία τελειώνει με το τέλος της προηγούμενης.
- Σχέση αρχής – τέλους (SF): Το τέλος της επόμενης εργασίας εξαρτάται από την έναρξη της προηγούμενης.



Εικόνα 1: Οι βασικοί τύποι συσχέτισης εργασιών

Αναφορικά με την οικονομική διαχείριση του έργου, καθοριστικής σημασίας είναι οι παράγοντες που αφορούν τους πόρους, το κόστος και τη διαχείριση αυτών.

Ως πόρους ορίζουμε τόσο τα χρήματα που αφορούν το κεφάλαιο έναρξης της δραστηριότητας του έργου και το κόστος των διάφορων υπηρεσιών όσο και το ανθρώπινο δυναμικό που χρησιμοποιείται. Στους πόρους συμπεριλαμβάνεται και ο εξοπλισμός μαζί με τα υλικά που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Η σωστή διάθεση των πόρων είναι αδιαμφισβήτητα ένα πολύ σημαντικό κομμάτι που καθορίζει την πορεία του έργου και με βάση αυτή πραγματοποιείται ο προγραμματισμός του

έργου.Για να επιτευχθεί η κατάλληλη διάθεση των πόρων θα πρέπει ο project manager να καθορίσει:

Το είδος που ανήκουν οι πόροι (κατηγορία πόρου, κόστος πόρου)

Τη διαθεσιμότητα (άμεσα διαθέσιμοι ή όχι διαθέσιμοι, πιθανότητα καθυστέρησης και πόσο)

Ο τρόπος διαχείρισης των πόρων (χρόνος, προσωπικό, εξοπλισμός, αναλώσιμα υλικά)

Από την άλλη πλευρά, κόστος είναι τα έξοδα του έργου, τα οποία μπορεί να είναι σταθερά ή και μεταβλητα. Κάποια έξοδα είναι γνωστά από την έναρξη του έργου και κάποια άλλα προκύπτουν στην πορεία.

Σκοπός του έργου είναι η βελτίωση μιας υφιστάμενης κατάστασης, η οποία δεν είναι ικανοποιητική ή να δημιουργήσει μια ολοκληρωτικά νέα κατάσταση με νέες ευκαιρίες αναζητώντας το καλύτερο αποτέλεσμα. Σ' αυτήν την προσπάθεια εμπλέκονται διαφορετικοί άνθρωποι και κοινωνικές ομάδες, με συχνά διαφορετικούς σκοπούς σε σχέση με το έργο, οι οποίοι όμως είναι απαραίτητοι για να υπάρξει το έργο και στη παρακάτω θα ονομάζονται «οι Εμπλεκόμενοι στο έργο» ή «τα Ενδιαφερόμενα Μέρη» (Stakeholders), οι σπουδαιότεροι των οποίων είναι:

Ο Κύριος του Έργου (Project Owner): Ο οργανισμός για τον οποίο γίνεται το έργο, για τον οποίο καταρτίζεται η σύμβαση και ο οποίος θέτει τους όρους εκτέλεσης του έργου.

Ο Οργανισμός Υλοποίησης ή Φορέας Υλοποίησης του έργου (Implementing Organization): ο οποίος αναλαμβάνει την υλοποίηση του έργου, στον οποίο ανήκουν οι Εργολήπτες ή Ανάδοχοι του Έργου (Contractors).

Η Αναθέτουσα Αρχή (Contracting Authority): η οποία αναθέτει το έργο, με κάποια διαδικασία (άμεση ανάθεση, διαγωνισμός κ.λπ.) στο Φορέα Υλοποίησης, εφόσον φυσικά πρόκειται για δημόσιο έργο.

Οι Ωφελούμενοι ή Χρήστες ή Πελάτες του Έργου (Project Users or Customers): οι οποίοι, είτε είναι αποδέκτες του προϊόντος του έργου, είτε χρησιμοποιούν το προϊόν του έργου. Το πόσο καλά το προϊόν του έργου καλύπτει

τις απαιτήσεις των χρηστών του, εκφράζεται από την Ικανοποίηση των Χρηστών (User Satisfaction), που αποτελεί και δείκτη ποιότητας του προϊόντος του έργου. Αναλόγως με το έργο και τη φύση του έργου ο διαχωρισμός και η επιλογή των ενδιαφερόμενων μερών είναι εύκολος ή δύσκολος. Αυτό που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ομαλή εξέλιξη του έργου είναι οι προσδοκίες και οι δυνατότητες καθώς και η θέση των μερών. Δεν αποκλείεται να ταυτίζονται οι ομάδες των ενδιαφερόμενων μερών σε κάποια έργα[5], [6].

1.4 Ο κύκλος ζωής του έργου

Από τον κύκλο ζωής του έργου ορίζεται η αρχή και το τέλος του έργου σε συνάρτηση με όλους τους παράγοντες που το επηρεάζουν. Συνήθως, με ο όρος «κύκλος ζωής» μας παραπέμπει στον κύκλο ζωής του προϊόντος. Αυτό όμως είναι κάτι το τελείως διαφορετικό αφού για ένα προϊόν, η διαθεσιμότητα του δεν σταματά μετά το πέρας του κύκλου ζωής του[7].

Παρατίθενται τα στοιχειώδη και αμετάβλητα στάδια του κύκλου ζωής ενός έργου[8]:

- ***Έναρξη:*** Αυτή είναι η αρχή του έργου και ο στόχος αυτής της φάσης είναι να ορίσει το έργο σε ευρύ επίπεδο. Αυτή η φάση συνήθως ξεκινά με μια επιχειρηματική υπόθεση. Τότε είναι που θα ερευνήσετε εάν το έργο είναι εφικτό και εάν πρέπει να αναληφθεί. Εάν χρειάζεται να γίνει μελέτη σκοπιμότητας, αυτό είναι το στάδιο του έργου στο οποίο θα ολοκληρωθεί.
- ***Σχεδιασμός:*** Οργάνωση του πλάνου και καθορισμός του αντικειμένου του έργου, έχοντας επιλέξει τη σωστή διαδικασία διαχείρισης έργου, του προγράμματος, και των τελικών στοχεύσεων. Αυτή η φάση είναι το κλειδί για την επιτυχημένη διαχείριση του έργου και επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός διαγράμματος που θα ακολουθήσουν όλοι. Αυτή η φάση συνήθως ξεκινά με τον καθορισμό στόχων.
- ***Εκτέλεση:*** Η εκτέλεση καθηκόντων περιλαμβάνει επιμερισμό των πόρων, τακτικές συναντήσεις ενημέρωσης φάσης, και ουσιαστική ανάπτυξη προϊόντος από βασικές ομάδες. Σε αυτό το στάδιο γίνεται η ανάπτυξη και η ολοκλήρωση των παραδοτέων. Αυτό συχνά μοιάζει με τον κορμό του έργου, καθώς πολλά

συμβαίνουν κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, όπως αναφορές κατάστασης και συσκέψεις, ενημερώσεις ανάπτυξης και αναφορές απόδοσης. Μια συνάντηση συνήθως σηματοδοτεί την έναρξη της φάσης Εκτέλεσης Έργου όπου οι εμπλεκόμενες ομάδες ενημερώνονται για τις ευθύνες τους.

- ***Επίβλεψη και έλεγχος:*** Ολικός έλεγχος της πραγματοποιημένης εργασίας — μέσω εγγράφων όπως τα γραφήματα προόδου — και μέτρηση σε αντίθεση με τις βασικές στοχεύσεις. Όλα αυτά αφορούν τη μέτρηση της προόδου και της απόδοσης του έργου και τη διασφάλιση ότι όλα όσα συμβαίνουν ευθυγραμμίζονται με το σχέδιο διαχείρισης του έργου. Οι διαχειριστές έργων θα χρησιμοποιήσουν βασικούς δείκτες απόδοσης (KPIs) για να προσδιορίσουν εάν το έργο είναι σε καλό δρόμο. Ένας PM επιλέγει συνήθως δύο έως πέντε από αυτούς τους KPI για να μετρήσει την απόδοση του έργου:

    - *Στόχοι του έργου*: Η μέτρηση αφορά εάν ένα έργο είναι εντός χρονοδιαγράμματος και ο προϋπολογισμός αποτελεί ένδειξη εάν το έργο θα εκπληρώσει τους στόχους των ενδιαφερομένων.
    - *Παραδοτέα ποιότητας:* Αυτό καθορίζει εάν πληρούνται συγκεκριμένα παραδοτέα εργασιών.
    - *Παρακολούθηση προσπάθειας και κόστους:* Οι PM θα παρακολουθήσουν την προσπάθεια και το κόστος των πόρων για να δουν εάν ο προϋπολογισμός είναι σε καλό δρόμο. Αυτός ο τύπος παρακολούθησης ενημερώνει εάν ένα έργο θα συμπληρώσει την ημερομηνία ολοκλήρωσής του με βάση την τρέχουσα απόδοση.
    - *Απόδοση Έργου:* Παρακολουθεί τις αλλαγές στο έργο. Λαμβάνει υπόψη το μέγεθος και τα είδη των ζητημάτων που προκύπτουν και πόσο γρήγορα αντιμετωπίζονται. Αυτά μπορεί να προκύψουν από αστάθμητους παράγοντες και αποτελούν ίσως σοβαρά εμπόδια.

  Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι PM μπορεί να χρειαστεί να προσαρμόσουν τα χρονοδιαγράμματα και τους πόρους για να εξασφαλίσουν ότι το έργο είναι σε καλό δρόμο

- ***Κλείσιμο****:* Αξιολόγηση της απόδοσης του έργου και των ομάδων, με στόχο την συγκέντρωση βασικών γνώσεων για τη βελτιστοποίηση μελλοντικών έργων. Αυτή η φάση αντιπροσωπεύει το ολοκληρωμένο έργο. Οι εργολάβοι που προσλαμβάνονται για να εργαστούν ειδικά στο έργο αποδεσμεύονται. Τα πολύτιμα μέλη της ομάδας αναγνωρίζονται. Ορισμένοι PM οργανώνουν ακόμη

και μικρές εκδηλώσεις εργασίας για άτομα που συμμετείχαν στο έργο για να τους ευχαριστήσουν για τις προσπάθειές τους. Μόλις ολοκληρωθεί το έργο, οι PM (Project Managers) έχουν ακόμα μερικές εργασίες να ολοκληρώσουν. Θα χρειαστεί να δημιουργήσουν μια λίστα με πράγματα που δεν ολοκληρώθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου και να συνεργαστούν με τα μέλη της ομάδας για να τα ολοκληρώσουν. Τέλος, θα χρειαστεί να συγκεντρώσουν όλα τα έγγραφα και τα παραδοτέα του έργου και να τα αποθηκεύσουν σε ένα μόνο μέρος[9][8].

Όπως και κύριο μοντέλο του γενικού κύκλου ζωής του έργου, αυτά τα στάδια είναι σχεδιασμένα για να είναι εφαρμόσιμα σε σχεδόν κάθε είδους έργου κατά κάποιο τρόπο είναι ασυνήθιστο να βρεθεί κάποιο έργο που δεν εξελίσσεται μέσω αυτών των μοναδικών και διαδοχικών περιόδων. Αυτό που διαφέρει, ωστόσο, είναι το πώς παρουσιάζονται κατά το εύρος της διαδικασίας διαχείρισης του κάθε έργου.

1.5 Ο ρόλος του διαχειριστή έργου (Project Manager)

Η εκτέλεση ενός έργου σχεδιάζεται και ελέγχεται από τον διαχειριστή του έργου. Ο διαχειριστής έργου ορίζεται από τον Οργανισμό, είναι δηλαδή η εκτελεστική διεύθυνση του Οργανισμού. Ο διαχειριστής του έργου πρέπει να έχει επαρκή εξουσία για να ασκεί την ευθύνη του σχηματισμού και της διαχείρισης μιας ομάδας για την υποστήριξη του έργου[10]. Για να είναι αποτελεσματικός, πρέπει να έχει τον πλήρη έλεγχο της δουλειάς και να είναι εκείνος ο οποίος αποτελεί τη μόνη φωνή που μιλά για το έργο. Η διαχείριση έργου είναι συνάρτηση της εκτελεστικής ηγεσίας και παρέχει τη συνεκτική δύναμη που ενώνει τα διάφορα και διαφορετικά στοιχεία σε μια ομαδική προσπάθεια για την ολοκλήρωση του έργου[11]. Οι δεξιότητες διαχείρισης έργου είναι προφανές ότι πρέπει και περιλαμβάνουν τη δυνατότητα διαχείρισης τεσσάρων βασικών πραγμάτων που είναι κρίσιμα για την επιτυχία ενός έργου:

- Ποιότητα
- Πεδίο εφαρμογής
- Κόστος
- χρόνος

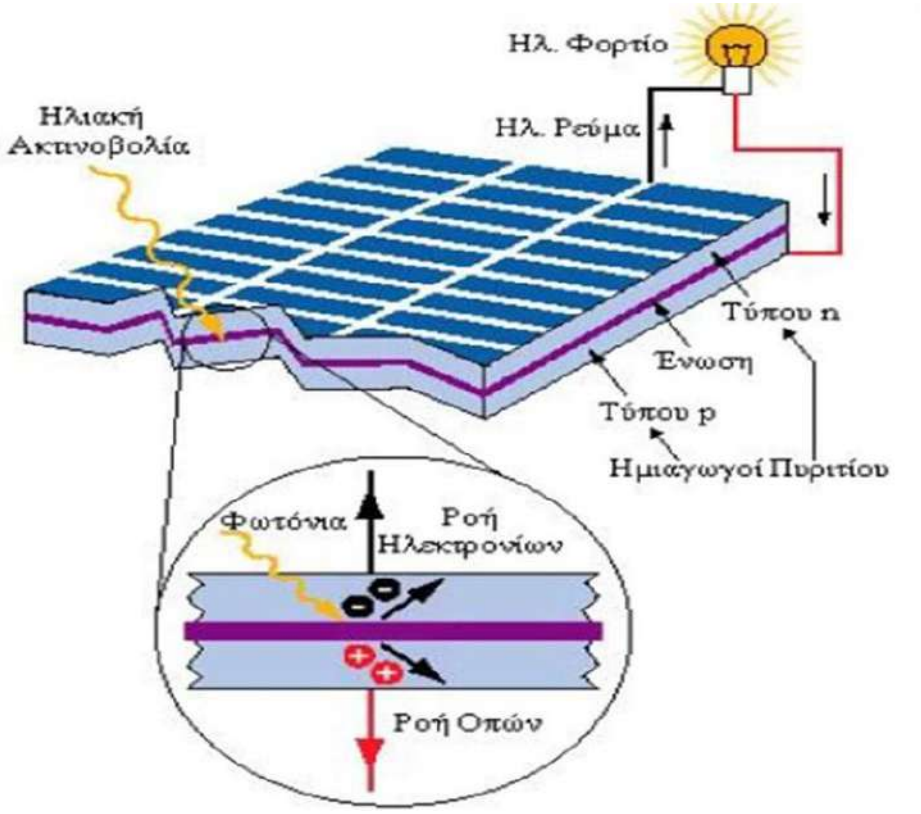
Οι επιχειρηματικές δεξιότητες είναι συχνά μια άλλη απαίτηση. Αυτό περιλαμβάνει τη δυνατότητα κατανόησης των οικονομικών στοιχείων του έργου, των κερδών και των ζημιών και την ικανότητα δημιουργίας και τήρησης προϋπολογισμού έργου. Επιπλέον, η εκμάθηση της ηγεσίας είναι απαραίτητη. Η σαφής επικοινωνία (πρόσωπο με πρόσωπο και γραπτώς) και η επίλυση συγκρούσεων είναι μερικές μόνο από τις ιδιαίτερα χρήσιμες ηγετικές δεξιότητες. Τέλος, οι δεξιότητες δημιουργίας και ομάδας είναι πολύ καλές, καθώς τα προσόντα ενός διαχειριστή έργου δεν καθοδηγούν μόνο ένα έργο - είναι υπεύθυνοι για την ομάδα τους. Η παροχή κινήτρων στην ομάδα για επικοινωνία και συνεργασία, καθώς και η τόνωση του ηθικού της, είναι καθήκοντα που πιθανότατα θα βρεθεί να κάνει ένας διαχειριστής έργου.

Κεφάλαιο 2

2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες και η κλιματική αλλαγή έχουν ασκήσει πίεση στους διαχειριστές συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας να αναζητήσουν εναλλακτικές πηγές ενέργειας. Οι πρόσφατες ερευνητικές εξελίξεις και οι εξελίξεις στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη βελτίωση των λειτουργιών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έχουν δει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Η αποκεντρωμένη παραγωγή είναι μια μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πολλαπλές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που είναι πολύ κοντά στις απαιτήσεις φορτίου. Η αποκεντρωμένη παραγωγή που διασυνδέεται με συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας κοινής ωφέλειας έχουν πολλαπλά πλεονεκτήματα όπως αυξημένη αξιοπιστία συστήματος, μειωμένη απαίτηση αιχμής ισχύος, βελτιωμένη ποιότητα ισχύος, απαιτούμενη παροχή άεργου ισχύος και περιβαλλοντικά καθαρή ενέργεια. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι η ηλιακή, η θερμική, τα φωτοβολταϊκά (PV), τα αιολικά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά, τα βιοκαύσιμα, τα κύματα, οι παλιρροϊκές, οι ωκεανοί και οι γεωθερμικές πηγές. Ωστόσο, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν θεωρηθεί καλύτερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της άφθονης μακροχρόνιας διαθεσιμότητας δωρεάν ηλιακής ενέργειας στον φλοιό της γης. Η παραγωγή φωτοβολταϊκών βασίζεται στο φαινόμενο PV, το οποίο είναι μια διαδικασία με φωτοβολταϊκά κύτταρα που χρησιμοποιεί φωτόνια ηλιακού φωτός για να χτυπήσει το ντοπαρισμένο πυρίτιο ημιαγωγών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό (PV) φαινόμενο, το οποίο ήταν η αρχή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία, παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1839 από τον Alexandre Edmond Becquerel, έναν Γάλλο επιστήμονα Edmund Becquerel. Το φαινόμενο PV είναι μια διαδικασία κατά την οποία, όταν τα φώτα του ήλιου χτυπούν στο οριακό στρώμα των υλικών ημιαγωγών, μπορεί να δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Από τότε, πολλοί επιστήμονες προσπάθησαν να αναπτύξουν τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βάση αυτό το φαινόμενο. Το 1870, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο μελετήθηκε στο σελήνιο και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση ισχύος από το στερεό σελήνιο ήταν μόνο 1%–2%, που ήταν πολύ κάτω από την αποδεκτή τιμή για τους μετατροπείς δυνητικής ενέργειας. Το 1950 αναπτύχθηκε κρυσταλλικό πυρίτιο με υψηλή καθαρότητα. Το 1954, η φωτοβολταϊκή κυψέλη πυριτίου με απόδοση μετατροπής 4% αναπτύχθηκε στα εργαστήρια Bell. αργότερα, η απόδοση

βελτιώθηκε περαιτέρω στο 11%. Αυτή τη στιγμή, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο δημιούργησε μια νέα εποχή παραγωγής ηλιακής ενέργειας[12]. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως διακριτές μονάδες της ενέργειας που αποθηκεύεται στο φως. Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι κατασκευασμένο από ημιαγωγικά υλικά με διασταύρωση p-n. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία χτυπά ένα ηλιακό κύτταρο, μέρος των φωτονίων μπορεί να απορροφηθεί από το κύτταρο, με αποτέλεσμα τα ζεύγη οπών ηλεκτρονίων παραγωγής στο κύτταρο. Εάν σχηματιστεί ένα εξωτερικό κύκλωμα, η διαφορά τάσης οδηγεί τα ηλεκτρόνια από την πλευρά n στην πλευρά p της διασταύρωσης. Κατά συνέπεια, το ηλεκτρικό ρεύμα σχηματίζεται στο εξωτερικό κύκλωμα.

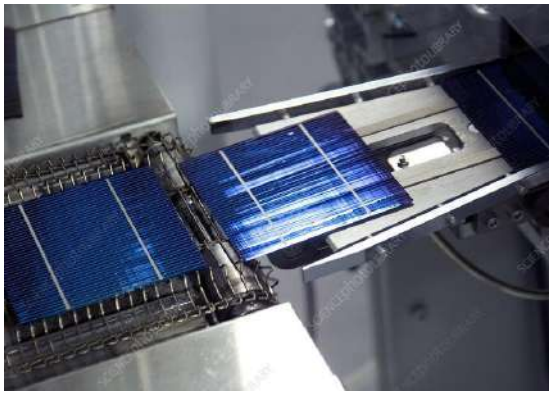


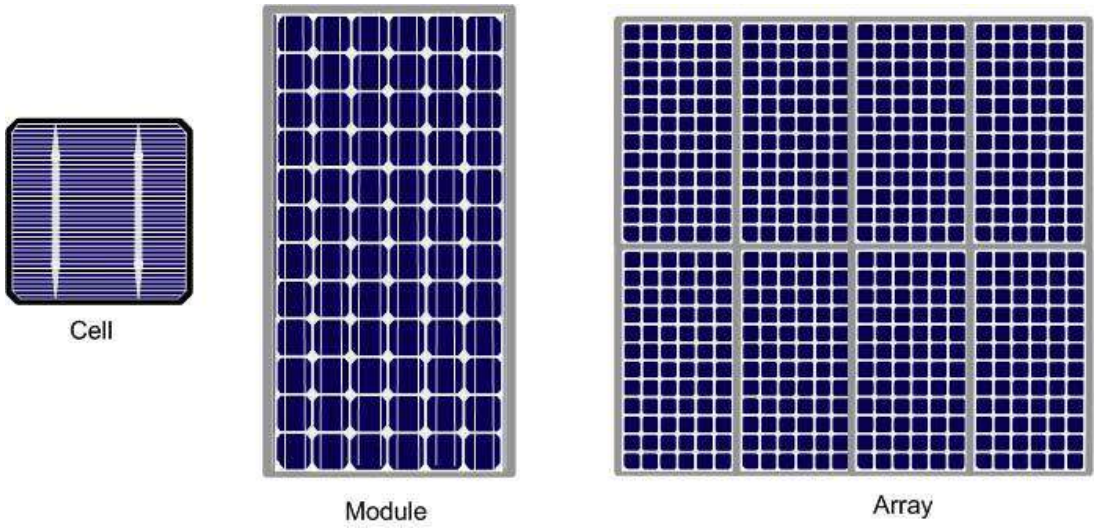
2.2 Στοιχεία που αποτελούν το φωτοβολταϊκό σύστημα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες, ανάλογα με το εάν είναι συνδεδεμένα ή όχι στο δίκτυο. Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα είναι γενικά σχεδιασμένα να παράγουν τη μέγιστη ενεργειακή τους απόδοση ανά πάσα στιγμή και να συμβάλλουν στην κάλυψη ηλεκτρικών φορτίων, είτε κοντά στο σύστημα (γενικά ονομάζονται τοπικά φορτία) είτε μέσω του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν ανεξάρτητα από την τροφοδοσία του δικτύου και συχνά βρίσκονται εκεί όπου δεν υπάρχει

ηλεκτρικό δίκτυο ή όπου η πρόσβαση στο δίκτυο είναι δύσκολη. Σε αυτήν την περίπτωση, το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να παρέχει την απαιτούμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας για το καθορισμένο φορτίο, αλλά δεν παρέχει πάντα τη μέγιστη απόδοση από το σύστημα.

Φωτοβολταϊκό panel (Φωτοβολταϊκό πλαίσιο): Όλα ξεκινούν από το φωτοβολιταϊκό στοιχείο το οποίο πρόκειται για τη διάταξη που όταν δέχεται ακτινοβολία την μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια. Είναι γνωστό με τις ονομασίες φωτοβολταϊκό κύτταρο ή φωτοβολταϊκή κυψέλη. Το σύνολο των φωτοβολταϊκών κυψελών που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους είναι τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που αποτελούν και το βασικό πυλώνα του φωτοβολταϊκού πάνελ. Το φωτοβολταϊκό πάνελ είναι η διάταξη ενός η περισσότερων φωτοβολταϊκών πλαισίων που βρίσκονται σε ενιαία κατασκευή[13]. Τα κύρια στοιχεία που διαφοροποιούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ μεταξύ τους και πρέπει να προσέξουμε είναι η ονομαστική ισχύς σε Watt, η τάση που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ, η ένταση ρεύματος που αντιστοιχεί στην ονομαστική ισχύ, η τάση ανοιχτού κυκλώματος, η ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος, η μέγιστη τάση συστήματος, οι συντελεστές επίδρασης θερμοκρασίας και φυσικά η εγγύησή τους.





Πίνακας 1:Από την κυψέλη στο φ/β πλαίσιο

Μια μεγάλη γκάμα ημιαγώγιμων υλικών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε φωτοβολταϊκά πλαίσια, αλλά για να επιτευχθεί εμπορική βιωσιμότητα, τα δομικά στοιχεία πρέπει να έχουν κατάλληλα υψηλή απόδοση σε συνδυασμό με σταθερότητα στη λειτουργία, να έχουν καλή δυνατότητα κατασκευής, να έχουν χαμηλό κόστος παραγωγής και να μπορούν να επιτύχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Η δυνατότητα κατασκευής περιλαμβάνει πτυχές όπως η ευκολία κατασκευής, η διαθεσιμότητα υλικών, η υγεία και η ασφάλεια, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και η απόδοση. Στην τρέχουσα αγορά επίπεδων πλακών κυριαρχεί το κρυσταλλικό πυρίτιο, τόσο μονοκρυσταλλικό όσο και πολυκρυσταλλικό, με το τελευταίο να έχει το υψηλότερο μερίδιο αγοράς[14].

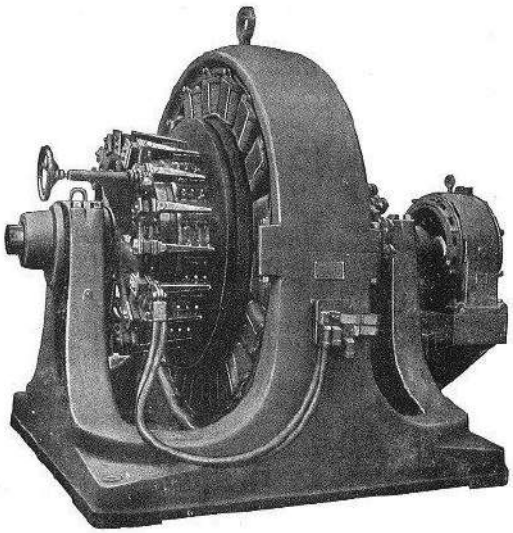
Πέρα από τα συμβατικά πάνελ μιας όψεως, τα τελευταία χρόνια έχουν κατακτήσει την αγορά τα bifacial panel. Τα ηλιακά πάνελ δύο όψεων (bifacial panel) είναι ικανά να συλλαμβάνουν ενέργεια και στις δύο πλευρές του φωτοβολταϊκού ηλιακού πάνελ. Ενώ οι μονάδες (monofacial) λαμβάνουν ισχύ μόνο στο μπροστινό μέρος τους. Οι μονάδες διπλής όψης εκθέτουν τόσο το μπροστινό όσο και το πίσω μέρος των ηλιακών κυψελών σας και αυξάνουν την ενεργειακή σας απόδοση σε ανακλαστικές επιφάνειες, ώστε όταν οι μονάδες διπλής όψης εγκαθίστανται σε μια εξαιρετικά ανακλαστική επιφάνεια, μπορείτε να υπάρχει έως και 25% αύξηση στην απόδοση ισχύος μόνο από την επιπλέον ισχύ που συλλέγεται από την πίσω όψη του πάνελ[15][16].

Εικόνα 2: Bifacial panel

Inverters (Αντιστροφέας):

Ο αντιστροφέας (inverter) ισχύος (συχνά το συναντάμε και ως μετατροπέας ή αναστροφέας) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο αντίστοιχο με αυτό του δικτύου. Καθώς εξετάζεται ένα σύστημα ηλιακών πάνελ, μία από τις βασικές αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν είναι ο τύπος του μετατροπέα που θα εγκατασταθεί. Δεδομένων των πολύπλοκων ηλεκτρονικών και λογισμικού ισχύος που περιέχονται μέσα, οι μετατροπείς είναι ζωτικής σημασίας για τη συνεχή απόδοση του ηλιακού σας συστήματος[17]. Οι δύο κύριες κατηγορίες αντιστροφέων είναι οι κεντρικοί και οι string invertes ή αλλιώς αντιστροφείς στοιχειοσειρών. Η επιλογή των αντιστροφέων βασίζεται στις απαιτήσεις του συστήματος που θέλουμε να εγκαταστήσουμε. Οι κεντρικοί μετατροπείς για παράδειγμα ενδείκνυνται για τη δημιουργία φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων με ομοιογένεια στη δομή, τέτοια δομή είναι εκείνη που περιέχει ίδια πλαίσια του ίδιου τύπου με ίδιο προσανατολισμό και κλίση. Όπως προαναφέρθηκε, ένας μετατροπέας πραγματοποιεί τη μετατροπή DC σε AC αλλάζοντας την κατεύθυνση μιας εισόδου DC μπρος-πίσω πολύ γρήγορα. Ως αποτέλεσμα, μια είσοδος DC γίνεται έξοδος AC. Επιπλέον, φίλτρα και άλλα ηλεκτρονικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή τάσης που ποικίλλει ως καθαρό, επαναλαμβανόμενο ημιτονοειδές κύμα που μπορεί να εγχυθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Το ημιτονοειδές κύμα είναι ένα σχήμα ή μοτίβο που δημιουργεί η τάση με την

πάροδο του χρόνου και είναι το μοτίβο ισχύος που μπορεί να χρησιμοποιήσει το δίκτυο χωρίς να καταστρέψει τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, ο οποίος είναι κατασκευασμένος για να λειτουργεί σε συγκεκριμένες συχνότητες και τάσεις. Οι πρώτοι μετατροπείς δημιουργήθηκαν τον 19ο αιώνα και ήταν μηχανικοί. Ένας περιστρεφόμενος κινητήρας, για παράδειγμα, θα χρησιμοποιηθεί για να αλλάζει συνεχώς εάν η πηγή DC ήταν συνδεδεμένη προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Σήμερα κατασκευάζουμε ηλεκτρικούς διακόπτες από τρανζίστορ, συσκευές στερεάς κατάστασης χωρίς κινούμενα μέρη. Τα τρανζίστορ είναι κατασκευασμένα από ημιαγωγικά υλικά όπως το πυρίτιο ή το αρσενίδιο του γαλλίου. Ελέγχουν τη ροή του ηλεκτρισμού ως απόκριση σε εξωτερικά ηλεκτρικά σήματα[18].



Εικόνα 3: Ο πρώτος αντιστροφέας

Σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, ο μετατροπέας σας πιθανότατα εκτελεί διάφορες λειτουργίες. Εκτός από τη μετατροπή της ηλιακής σας ενέργειας σε εναλλασσόμενο ρεύμα, μπορεί να παρακολουθεί το σύστημα και να παρέχει μια πύλη για επικοινωνία με δίκτυα υπολογιστών[19].

Σύστημα Στήριξης:

Η ποσότητα εξόδου εξαρτάται κυρίως από τη γωνία πρόσπτωσης του συνημίτονου που είναι γνωστή ως η γωνία μεταξύ της ακτίνας του ήλιου και της οριζόντιας επιφάνειας. Η ελάχιστη γωνία πρόσπτωσης δίνει τη μέγιστη ισχύ εξόδου. Σε περίπτωση σταθερού πάνελ εκτός από το μεσημέρι η γωνία είναι μέγιστη για την κίνηση του ήλιου. Ο αποτελεσματικός tracker είναι αυτός που μπορεί να διορθώσει αυτό το πρόβλημα. Ο πρώτος tracker που εισήγαγε ο Finster το 1962, ήταν εντελώς

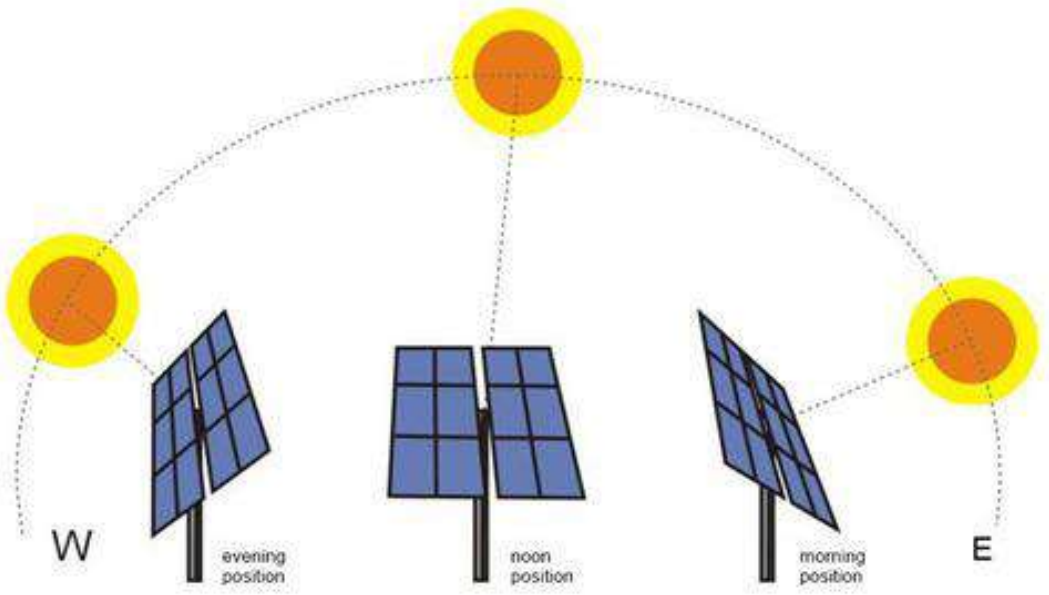
μηχανικός. Ένα χρόνο αργότερα, ο Saavedra παρουσίασε έναν μηχανισμό με αυτόματο ηλεκτρονικό έλεγχο, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τον προσανατολισμό ενός πυρηλιόμετρου Eppley (Roth, Georgiev, and Boudinov 2005).

Κατηγορίες συστημάτων στήριξης σε έδαφος:

- Σταθερό σύστημα στήριξης (Fixed system)
- Περιστρεφόμενο σύστημα στήριξης (Tracker system)

Οι Anusha, Chandra και Reddy (2013) συνέκριναν το σταθερό φωτοβολταϊκό πάνελ (PV) και την ηλιακή παρακολούθηση μονού άξονα με βάση το ρολόι πραγματικού χρόνου χρησιμοποιώντας επεξεργαστή ARM. Το πείραμα διεξήχθη χρησιμοποιώντας τόσο σταθερό όσο και σύστημα παρακολούθησης για 6 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ηλιακό σύστημα παρακολούθησης αύξησε την απόδοση περίπου 40% και η ενέργεια που λαμβάνεται από τον ήλιο βελτιώνεται από τις 9.00 π.μ. έως τις 6.00 μ.μ. Οι Dhanabal et al. (2013) συνέκρινε τις αποδόσεις των στατικών πάνελ και των συστημάτων παρακολούθησης μονού άξονα και σταθερής βάσης διπλού άξονα. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τις 8 το πρωί έως τις 6 μ.μ. για σταθερό πάνελ, ανιχνευτή μονού άξονα και ιχνηλάτη διπλού άξονα για κάθε μία ώρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα του συστήματος παρακολούθησης μονού άξονα έναντι αυτού του στατικού πίνακα υπολογίζεται σε 32,17% και του συστήματος παρακολούθησης διπλού άξονα σε σχέση με αυτό του στατικού πίνακα υπολογίζεται ότι είναι 81,68%. Οι Tudorache, Oancea και Kreindler (2012) συνέκριναν το ηλιακό φωτοβολταϊκό πάνελ παρακολούθησης με ένα σταθερό φωτοβολταϊκό πάνελ όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την απόδοση. Η προτεινόμενη συσκευή αναζητά αυτόματα τη βέλτιστη θέση του φωτοβολταϊκού πίνακα σε σχέση με τον ήλιο μέσω ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος που ελέγχεται από μια έξυπνη μονάδα μετάδοσης κίνησης που λαμβάνει σήματα εισόδου από ειδικούς αισθητήρες έντασης φωτός. Το ηλιακό φωτοβολταϊκό πάνελ παρακολούθησης παρήγαγε περισσότερη ενέργεια από το σταθερό με περίπου 57,55%. Οι Bione, Vilela και Fraidenraich (2004) συνέκριναν τα συστήματα άντλησης που οδηγούνται από σταθερά, ιχνηλάτηση και παρακολούθηση με Φ/Β συγκέντρωσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για μια δεδομένη ακτινοβολία, ο ρυθμός ροής του αντλούμενου νερού ήταν σημαντικά διαφορετικός μεταξύ τους. Τα σταθερά ΦΒ, τα Φ/Β με ανιχνευτή και τα συστήματα συγκέντρωσης-ιχνηλασίας αντλούσαν 4,9, 7,4 και 12,6 m3/ημέρα, αντίστοιχα. Οι Hon και Kolte (2013) πρότειναν ένα αυτόνομο ηλιακό σύστημα παρακολούθησης βασισμένο σε αισθητήρα πεδίου προγραμματιζόμενης συστοιχίας πύλης, το οποίο αποτελείται από ελεγκτή ασαφούς λογικής που εφαρμόστηκε σε

αισθητήρες FPGA, Φ/Β πάνελ, βηματικό κινητήρα και διεπαφή εισόδου-εξόδου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παρακολούθηση έχει μέγιστη απόδοση από τα σταθερά πάνελ[20], [21].



Εικόνα 4: Κίνηση με τον ήλιο

Γενικά τα σταθερά συστήματα πλεονεκτούν σε σχέση με τα tracker στην απλότητα της κατασκευής, στο κόστος εγκατάστασης, στην ταχύτητα εγκατάστασης, στο κόστος συντήρησης, στην μεγαλύτερη απεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας

Εικόνα 5: Πάρκο με σταθερό σύστημα στήριξης

Εικόνα 6: Περιστρεφόμενο σύστημα στήριξης (Tracker system)

Τηλεμετρία:

Η τηλεμετρία είναι η επιστήμη και η τεχνολογία της αυτόματης μέτρησης και μετάδοσης δεδομένων με σύρμα, ραδιόφωνο ή άλλα μέσα από απομακρυσμένες πηγές, όπως από διαστημικά οχήματα, σε σταθμούς λήψης για εγγραφή και ανάλυση. Ο εξοπλισμός τηλεμετρίας χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές όπως το νερό, η διαχείριση λυμάτων, η παρακολούθηση της στάθμης ποταμών και λιμνών, η άμυνα, η ναυσιπλοΐα, η παρακολούθηση καιρού, η αλιεία και η έρευνα άγριας ζωής.

Όσο εξελίσσεται η βιομηχανία των φωτοβολταϊκών συστημάτων τόσο γίνεται και πιο έντονη η ανάγκη για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων απομακρυσμένης παρακολούθησης και επέμβασης τέτοιου είδους συστημάτων. Οι λόγοι που το επιτάσσουν είναι η καλύτερη και ευκολότερη παρακολούθηση των συνθηκών λειτουργίας μιας ΦΒ εγκατάστασης και αφετέρου η βελτιστοποίηση της απόδοσής της, μέσω της επέμβασης, σε κρίσιμες παραμέτρους του συστήματος. Δεν μπορούμε όμως να αρνηθούμε τα πολλαπλά οφέλη της τηλεμετρίας αφού όχι μόνο βοηθά στην έγκαιρη αντιμετώπιση κρίσιμων προβλημάτων αλλά προσφέρει και τη δυνατότητα της συλλογής δεδομένων ώστε να μπορεί να γίνει και πρόβλεψη. Η πρόβλεψη αυτή μπορεί να αφορά μελλοντικά προβλήματα ή και την μελλοντική παραγωγή του σταθμού.

Ασφάλειας της εγκατάστασης:

Η ασφάλεια αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές για την υλοποίηση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού αφού πολλές φορές ο ιδιοκτήτης έρχεται αντιμέτωπος με

επίδοξους ληστές. Το σύστημα ασφαλείας υλοποιείται με την εγκατάσταση ενός συνδυασμού συστημάτων ελέγχου και διασφάλισης των ορίων που βρίσκονται περιμετρικά των υποδομών οι οποίες πρέπει να προστατευτούν, με σκοπό την αποτροπή από εισβολές. Όσο το δυνατό συντομότερα γίνει αντιληπτή η ύπαρξη ενός ξένου προσώπου στην εγκατάσταση, τόσο πιο αποτελεσματικό είναι ένα σύστημα ασφάλειας. Όπως μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό, κύριο ρόλο παίζουν οι συσκευές ανίχνευσης εξωτερικών χώρων και περιμετρικής προστασίας, καθώς αποτελούν την βασική άμυνα.

Οικίσκος:

Ο οικίσκος είναι ένα αρκετά σημαντικό στοιχείο του φ/β πάρκου αφού μας επιτρέπει να τοποθετούμε εκεί τα πεδία μέσης και χαμηλής τάσης αλλά και το λογισμικό παρακολούθησης και συλλογής δεδομένων SCADA. Το SCADA, ένα ακρωνύμιο του Εποπτικού Ελέγχου και Απόκτησης Δεδομένων (Supervisory Control And Data Acquisition) είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται για την κατασκευή λογισμικού για υπολογιστές που επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο και την επίβλεψη βιομηχανικών διαδικασιών. Παρέχει ανάδραση σε πραγματικό χρόνο με συσκευές πεδίου (αισθητήρες) και ελέγχει τη διαδικασία αυτόματα. Παρέχει όλες τις πληροφορίες που παράγονται στην παραγωγική διαδικασία (επίβλεψη, ποιοτικός έλεγχος, έλεγχος παραγωγής, αποθήκευση δεδομένων κ.λπ.) και επιτρέπει τη διαχείριση και παρέμβασή της. Η ανατροφοδότηση, είναι, σε έναν οργανισμό, η διαδικασία ανταλλαγής παρατηρήσεων, ανησυχιών και προτάσεων, με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών, ατομικά ή συλλογικά, για βελτίωση ή τροποποίηση διαφόρων πτυχών της λειτουργίας ενός οργανισμού. Η ανάδραση πρέπει να είναι αμφίδρομη, ώστε να είναι δυνατή η συνεχής βελτίωση, στην ιεραρχική κλίμακα, από πάνω προς τα κάτω και από κάτω προς τα πάνω.

Εικόνα 7: Οικίσκος φ/β πάρκου

Κεφάλαιο 3

Υλοποίηση φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 500KW

Για την υλοποίηση του φωτοβολταϊκού σταθμού πρώτα θα χρειαστεί να γίνουν κάποιες βασικές κινήσεις από τον υποψήφιο επενδυτή. Ο επενδυτής θα πρέπει να εξασφαλίσει μια καλή συνεργασία με κάποιο μελετητικό γραφείο ώστε να αναλάβει την αδειοδότηση και την εργολαβία. Οι εμπλεκόμενοι για την αδειοδότηση είναι φορείς όπως η ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας), ΑΔΜΗΕ (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) και ο ΔΕΔΔΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας). Επίσης θα πρέπει να γίνει και η αξιολόγηση της επένδυσης η οποία μπορεί να γίνει με αξιοποίηση ιδίων κεφαλαίων ή με δανεισμό.

3.1 Αδειοδότηση:

Η διαδικασία της αδειοδότησης περιλαμβάνει την αγορά ή ενοικίαση αγροτεμαχίου όπου θα τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά και την αξιολόγηση του βάσει του μεγέθους και της απόστασης του από το δίκτυο της ΔΕΗ. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να γίνει μια διερεύνηση αναφορικά με την επάρκεια δικτύου της ΔΕΗ για να μπορεί να συνδεθεί ο σταθμός στο δίκτυο. Αυτό θα γίνει σε συνδυασμό με τα στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ.

Η προετοιμασία του φακέλου για την άδεια περιλαμβάνει τα εξής:

I. Απαλλαγή από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) για συστήματα με ισχύ έως 500kW (όπως και η περίπτωση την οποία θα δούμε στην παρούσα εργασία).
II. Έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
III. Προσφορά όρων σύνδεσης από τον ΔΕΔΔΗΕ (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
IV. Σύμβαση σύνδεσης με ΔΕΔΔΗΕ (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)
V. Σύμβαση αγοραπωλησίας με τον ΔΑΠΕΕΠ (Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης)

Αξιολόγηση της επένδυσης:

Ανάθεση στην εταιρία που αναλαμβάνει την εργολαβία ώστε να αναλάβει τις κάτωθι διαδικασίες:

- Προϋπολογισμός

- Κοστολόγιο έργου

- Υποβολής φακέλου με σκοπό τον δανεισμό ή πραγματοποίηση επένδυσης με ίδια κεφάλαια

Μελέτη:

Η εταιρία που έχει επιλεγεί από τον υποψήφιο επενδυτή αναλαμβάνει και την διεκπεραίωση των κάτωθι εργασιών:

- Χρήση κατάλληλων λογισμικών που αφορούν τη χωροθέτηση του ΦΒ πάρκου.
- Πρόβλεψη παραγωγής και απόδοσης του έργου.
- Πρόβλεψη εξόδων (συντήρηση και βλάβες)

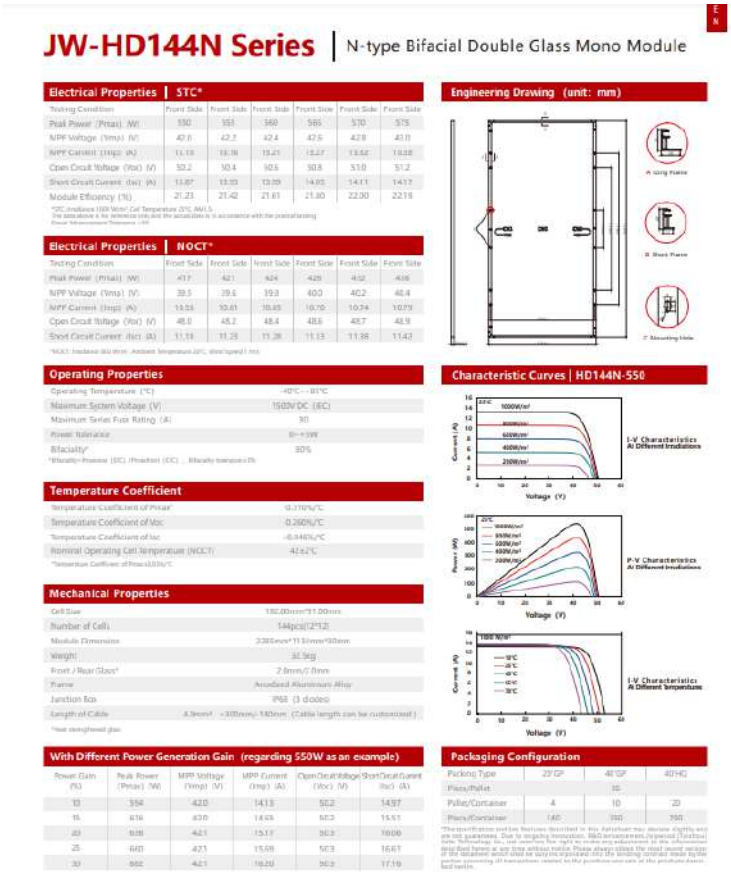
Εγκατάσταση:

Ο εργολάβος αναλαμβάνει να υλοποιήσει την εγκατάσταση και να παραδώσει ολοκληρωμένο το έργο στον πελάτη του.

3.2 Υλικά και μηχανήματα που επιλέχθηκαν:

Επιλέχθηκε το πάνελ με κωδικό HD144N της εταιρείας Jolywood. Πρόκειται για μια Κινέζικη εταιρεία με σχετικά μικρή πορεία στο χώρο των φ/β πάνελ αλλά με αρκετά υποσχόμενα αποτελέσματα μέχρι στιγμής όσον αφορά τη σχέση ποσότητας-τιμής. Είναι N-type bifacial.

Περαιτέρω λεπτομέρειες μπορούμε να βρούμε στο data sheet του προϊόντος:



JW-HD144N Series | N-type Bifacial Double Glass Mono Module

Electrical Properties | STC*

Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (Pmax) (W)	530	555	560	565	570	575
MPP Voltage (Vmp) (V)	40.6	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
MPP Current (Imp) (A)	13.19	13.18	13.21	13.27	13.32	13.38
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	50.2	50.4	50.6	50.8	51.0	51.2
Short Circuit Current (Isc) (A)	13.87	13.93	13.99	14.05	14.11	14.17
Module Efficiency (%)	21.23	21.42	21.61	21.80	22.00	22.19

*STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, AM1.5 .
The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing.
Power Measurement Tolerance: ±3%

Electrical Properties | NOCT*

Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (Pmax) (W)	417	421	424	428	432	436
MPP Voltage (Vmp) (V)	39.5	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4
MPP Current (Imp) (A)	10.56	10.61	10.65	10.70	10.74	10.79
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	48.0	48.2	48.4	48.6	48.7	48.9
Short Circuit Current (Isc) (A)	11.19	11.25	11.28	11.13	11.38	11.43

*NOCT: Irradiance 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

Operating Properties

Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage (V)	1500V DC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating (A)	30
Power Tolerance	0~+5W
Bifaciality*	80%

*Bifaciality=Pmax(BC)/Pmax(STC) , Bifaciality tolerance:±5%

Temperature Coefficient

Temperature Coefficient of Pmax*	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Voc	0.260%/°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.046%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	42±2°C

*Temperature Coefficient of Pmax is 0.35%/°C

Mechanical Properties

Cell Size	182.00mm*91.00mm
Number of Cells	144pcs(2*72)
Module Dimensions	2384mm*1134mm*30mm
Weight	32.5kg
Front / Rear Glass*	2.0mm/2.0mm
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 (3 diodes)
Length of Cable	4.0mm² (+)300mm/(-)300mm (Cable length can be customized)

*Heat strengthened glass

Engineering Drawing (unit: mm)

A Long Frame
B Short Frame
C Mounting Hole

Characteristic Curves | HD144N-550

I-V Characteristics At Different Irradiations
P-V Characteristics At Different Irradiations
I-V Characteristics At Different Temperatures

With Different Power Generation Gain (regarding 550W as an example)

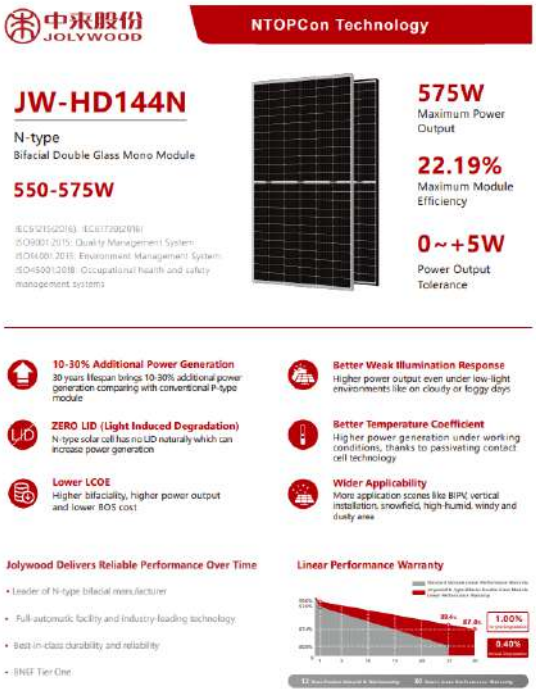
Power Gain (%)	Peak Power (Pmax) (W)	MPP Voltage (Vmp) (V)	MPP Current (Imp) (A)	Open Circuit Voltage (Voc) (V)	Short Circuit Current (Isc) (A)
10	554	42.0	14.13	50.2	14.97
15	576	43.0	14.63	50.3	15.51
20	608	42.1	15.17	50.3	16.08
25	660	42.1	15.68	50.3	16.61
30	682	42.1	16.20	50.3	17.19

Packaging Configuration

Packing Type	20'GP	40'GP	40'HC
Pieces/Pallet	36		
Pallet/Container	4	10	20
Pieces/Container	140	360	760

*The specifications and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to ongoing innovation, R&D enhancement, or general Trina Solar Technology Co., Ltd. reserves the right to make any adjustment to the information stated herein at any time without notice. Please always contact the most recent version and/or updated when and as may be required by the binding contract made by the parties concerning all transactions related to the purchase and use of the products described herein.

Εικόνα 8: Χαρακτηριστικά πάνελ



中来股份 JOLYWOOD

NTOPCon Technology

JW-HD144N

N-type
Bifacial Double Glass Mono Module

550-575W

IEC61215(2016), IEC61730(2016)
ISO9001:2015: Quality Management System
ISO14001:2015: Environment Management System
ISO45001:2018: Occupational health and safety management systems

575W
Maximum Power Output

22.19%
Maximum Module Efficiency

0~+5W
Power Output Tolerance

10-30% Additional Power Generation
30 years lifespan brings 10-30% additional power generation comparing with conventional P-type module

ZERO LID (Light Induced Degradation)
N-type solar cell has no LID naturally which can increase power generation

Lower LCOE
Higher bifaciality, higher power output and lower BOS cost

Better Weak Illumination Response
Higher power output even under low-light environments like on cloudy or foggy days

Better Temperature Coefficient
Higher power generation under working conditions, thanks to passivating contact cell technology

Wider Applicability
More application scenes like BIPV, vertical installation, snowfield, high-humid, windy and dusty area

Jolywood Delivers Reliable Performance Over Time

- Leader of N-type bifacial manufacturer
- Full-automatic facility and industry-leading technology
- Best in-class durability and reliability
- BNEF Tier One

Linear Performance Warranty

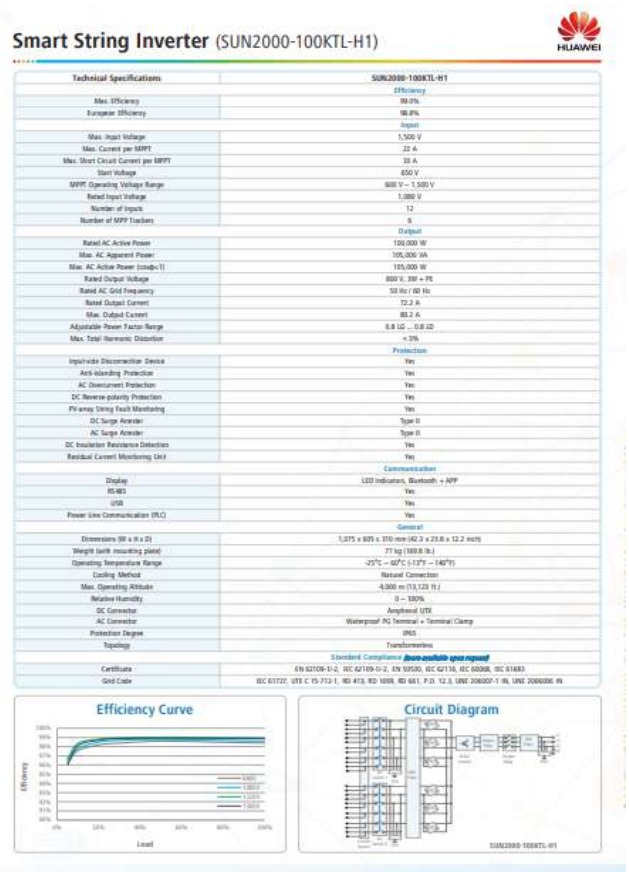
1.00%
0.40%

Εικόνα 9: Αρχικά χαρακτηριστικά πάνελ Bifacial

Inverters

Οι αντιστροφείς που επιλέχθηκαν είναι της εταιρείας Huawei το μοντέλο **SUN2000-100KTL-H1** το οποίο κρίθηκε ως το πιο κατάλληλο σε χαρακτηριστικά και κόστος. Παρακάτω θα βρείτε τα τεχνικά χαρακτριστικά των συγκεκριμένων μηχανημάτων:

Εικόνα 11: Small string inverter



Εικόνα 10: Χαρακτηριστικά αντιστροφέα

Κόστη και εργασίες:

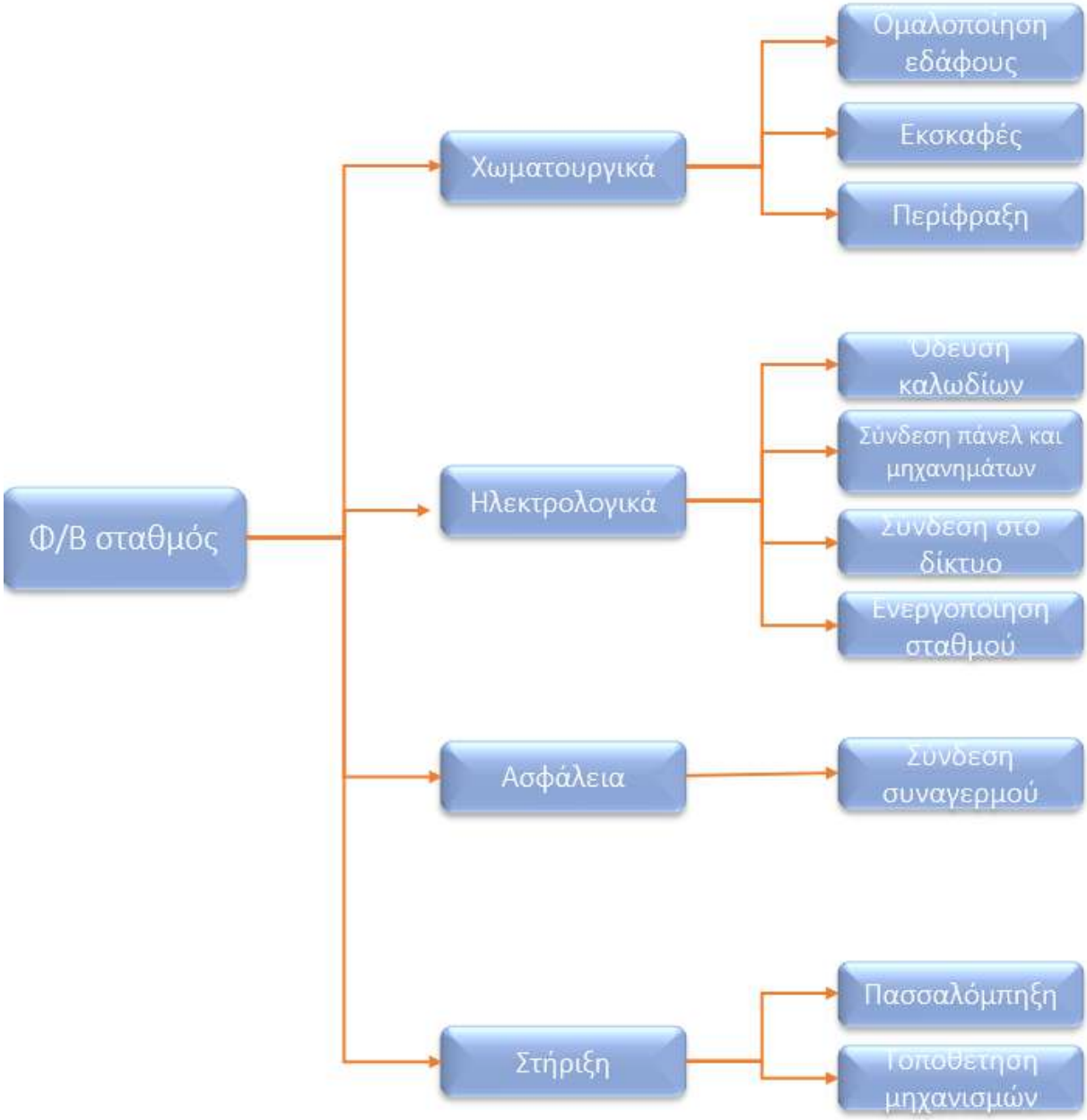
Εργασία	Κόστος
Αγορά αγροτεμαχίου	30.000,00 €
Άδεια φ/β πάρκου	40.000,00 €
Μελέτες	10.000,00 €
Σύστημα ασφαλείας	3.000,00 €
Περίφραξη	6.000,00 €
Μεταφορικά	4.000,00 €
Οικίσκος	35.000,00 €
Πάνελ	120.000,00 €
Αντιστροφείς	22.000,00 €
Σύστημα στήριξης	25.000,00 €
Λοιπά υλικά	15.000,00 €

Πίνακας 2: Κόστη και δραστηριότητες

Δομικό διάγραμμα έργου (WBS):

Η διάσπαση της εργασίας σε μικρότερες εργασίες είναι μια κοινή τεχνική παραγωγικότητας που χρησιμοποιείται για να κάνει την εργασία πιο διαχειρίσιμη και προσιτή. Για έργα, το Work Breakdown Structure (WBS) είναι το εργαλείο που χρησιμοποιεί αυτή την τεχνική και είναι ένα από τα πιο σημαντικά στάδια στη διαχείριση έργου. Ενσωματώνει μεμονωμένα τις βασικές γραμμές κόστους και

χρονοδιαγράμματος διασφαλίζοντας ότι τα σχέδια του έργου είναι σε ευθυγράμμιση.



Εικόνα 12: Διάγραμμα WBS

3.3 **Περιγραφή εργασιών**

Χωματουργικά

Ομαλοποίηση/ Εξυγίανση εδάφους: Κατά τη φάση της εξυγίανσης του εδάφους, κατάλληλο συνεργείο με ειδικό μηχάνημα, μεταβαίνει στο έργο και ξεκινάει την διαδικασία ομαλοποίησης του εδάφους, ώστε να μπορέσει στη συνέχεια όχι μόνο να τοποθετηθεί ορθά το φωτοβολταϊκό σύστημα αλλά και να αυξήσει την απόδοση του. Επιπλέον, όταν στο φ/β σταθμό χρησιμοποιούμε bifacial panels μια πολύ σημαντική παράμετρος είναι η ανακλαστικότητα του εδάφους. Έτσι είναι πολύ σημαντικό το έδαφος πάνω στο οποίο θα εγκατασταθεί το φωτοβολταϊκό πάρκο να έχει τη μέγιστη αντανάκλαση φωτός. Η παράμετρος που μας ενδιαφέρει ονομάζεται albedo και είναι ο λόγος του φωτός που προσπίπτει στο έδαφος προς το φως που αντανακλάται. Είναι φανερό ότι κάθε έδαφος έχει μια δική του τιμή albedo.

Εκσκαφές: Με τη χρήση ειδικών σκαπτικών μηχανημάτων και ακολουθώντας τη μελέτη που έχει προηγηθεί γίνονται οι κατάλληλες εκσκαφές.

Περίφραξη: Στη φάση της περίφραξης, κατάλληλο συνεργείο εργάζεται με σκοπό την περίφραξη του οικοπέδου, ώστε να μπορέσει στη συνέχεια να τοποθετηθούν υλικά εντός του χώρου χωρίς την κίνδυνο κλοπής λόγω έκθεσης. Πολλές φορές, οι φ/β σταθμοί γίνονται στόχος λόγω του χαλκού και των υπόλοιπων ακριβών μηχανημάτων που διαθέτουν.

Ηλεκτρολογικά

Όδευση καλωδίων: Η διαδικασία της όδευσης των καλωδίων είναι αρκετά σημαντική αν σκεφτούμε ότι θεωρείται μη αναστρέψιμη ή τουλάχιστον ένα σφάλμα σε αυτή τη διαδικασία φέρνει πολλά έξοδα και χάνουμε πολύτιμο χρόνο για την ολοκλήρωση του έργου. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι τα καλώδια τοποθετούνται είτε απευθείας στο έδαφος είτε μέσα σε κανάλια. Συνηθίζεται, να τοποθετούνται πρώτα οι γειώσεις και στη συνέχεια τα καλώδια της εγκατάστασης. Τα κανάλια, καλύπτονται με άμμο και τέλος με τα προϊόντα εκσκαφής, οπότε πλέον μπορούν αυτά τα σημεία να χρησιμοποιούνται για τη διέλευση των οχημάτων και προσωπικού.

Σύνδεση πάνελ και μηχανημάτων: Σε αυτή τη φάση του έργου, αφού το συνεργείο έχει κανονίσει τη μεταφορά των υλικών, προχωρούν στη σύνδεση τους. Το Συνεργείο

του εργολάβου ξεκινάει την σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σύμφωνα πάντα με τις οδηγίες του υπεύθυνου επιβλέποντα μηχανικού του έργου.

Παραλαβή και συναρμολόγηση οικίσκου: Όπως έχει προαναφερθεί, ο οικίσκος είναι ένα αρκετά σημαντικό κομμάτι της εγκατάστασης. Κατά τη διαδικασία παραλαβής του, επειδή συνήθως έρχεται αποσυναρμολογημένος, γίνεται έλεγχος ότι έχουν έρθει όλα τα απαραίτητα κομμάτια. Σε δεύτερο χρόνο, γίνεται η συναρμολόγηση του και συμπληρώνεται με τα απαραίτητα στοιχεία για να λειτουργήσει η εγκατάσταση.

Πρώτη σύνδεση του φωτοβολταϊκού σταθμού: Εξουσιοδοτημένο συνεργείο της ΔΕΗ κάνει τις απαιτούμενες διεργασίες και ελέγχους και δίνει τάση για τη σύνδεση του φωτοβολταϊκού πάρκου. Για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής, επιβλέπει ο μηχανικός του έργου. Ο φωτοβολταϊκός σταθμός είναι συνδεδεμένος προσωρινά, μέχρι τουλάχιστον να περάσει σε δεύτερη φάση η διαδικασία.

Δοκιμές καλής λειτουργίας: Γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι μετά την προσωρινή σύνδεση του φ/β σταθμού και αν όλα λειτουργούν ορθά, ακολουθεί ο προγραμματισμός για τη μόνιμη σύνδεση του.

Σύνδεση φ/β σταθμού: Ο φ/β σταθμός είναι έτοιμος για να ξεκινήσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για την διαδικασία αυτή, αρμόδιος είναι και εδώ, υπεύθυνος μηχανικός του έργου.

Ασφάλεια

Τοποθέτηση συστήματος συναγερμού: Επόμενο στάδιο, είναι η τοποθέτηση

συστήματος συναγερμού ώστε ο χώρος να είναι προστατευμένος.

Σύστημα περιμετρικού φωτισμού: Το συγκεκριμένο σύστημα τοποθετείται για να αυξήσει την ασφάλεια στην εγκατάσταση και να αποτρέψει τις κακόβουλες ενέργειες τρίτων.

Στήριξη

Πασσαλόμπηξη: Το αρμόδιο συνεργείο με κατάλληλο μηχάνημα πασσαλόμπηξης, μεταβαίνει στο οικόπεδο και τοποθετεί τους πασσάλους στήριξης, ώστε να μπορεί έπειτα να τοποθετηθεί το σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών πάνελ.

Τοποθέτηση πλαισίων και αντιστροφέων: Το συνεργείο ξεκινά την τοποθέτηση των μηχανημάτων και των πάνελ δίνοντας την απαραίτητη προσοχή στις οδηγίες που έχουν δοθεί από τον υπεύθυνο μηχανικό του έργου.

Πίνακας διάρκειας των δραστηριοτήτων:

ΔΡΑΣΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ
Εξυγίανση/ Ομαλοποίηση εδάφους	2
Περίφραξη	2
Τοποθέτηση συναγερμού	1
Σύστημα περιμετρικού φωτισμού	1
Παραλαβή μηχανημάτων και πάνελ	1
Συναρμολόγηση οικίσκου	1
Τοποθέτηση συστήματος στήριξης	2
Πασσαλόμπηξη	1
Εκσκαφές	2
Όδευση καλωδίων	2
Σύνδεση πλαισίων και αντιστροφέων	2
Σύνδεση ηλεκτρολογικών πινάκων	2
Προσωρινή σύνδεση	7
Δοκιμές ορθής λειτουργίας	1
Τελική σύνδεση στο δίκτυο	180
Καθορισμός σημείων	1
Παραλαβή οικίσκου	1
Εξοπλισμός οικίσκου	1
Τοποθέτηση πλαισίων και αντιστροφέων	4

*Η διάρκεια υπολογίζεται σε ημέρες.

Πίνακας 3: Διάρκεια δραστηριοτήτων

Πίνακας αλληλουχίας δραστηριοτήτων:

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΧΕΣΗ
Α	Εξυγίανση/ Ομαλοποίηση εδάφους	-
Β	Περίφραξη	Α
Γ	Τοποθέτηση συναγερμού	Β
Δ	Παραλαβή μηχανημάτων και πάνελ	Β,Γ
Ε	Συναρμολόγηση οικίσκου	Δ,Π
Ζ	Τοποθέτηση συστήματος στήριξης	Η
Η	Πασσαλόμπηξη	Ο
Θ	Εκσκαφές	Α
Ι	Όδευση καλωδίων	Θ
Κ	Σύνδεση πλαισίων και αντιστροφέων	Δ
Λ	Σύνδεση ηλεκτρολογικών πινάκων	Π
Μ	Προσωρινή σύνδεση	Ν
Ν	Δοκιμές ορθής λειτουργίας	Λ,Κ,Ρ
Ξ	Τελική σύνδεση στο δίκτυο	Μ,Ν
Ο	Καθορισμός σημείων	Α,Β
Π	Παραλαβή οικίσκου	Β,Γ
Ρ	Εξοπλισμός οικίσκου	Ε
Σ	Τοποθέτηση πλαισίων και αντιστροφέων	Δ
Τ	Σύστημα περιμετρικού φωτισμού	Γ

Πίνακας 4: Αλληλουχία δραστηριοτήτων

Παράγοντες που ενδέχεται να καθυστερήσουν το χρονοδιάγραμμα του έργου:

Διαμόρφωση χώρου

Σε πολλές περιπτώσεις, θεωρείται κάτι απλό η διαμόρφωση του οικοπέδου. Ειδικά στην εφαρμογή της κατασκευής ενός φ/β πάρκου ακούγεται αρκετά λογικό. Υπάρχουν όμως κάποιοι αστάθμητοι παράγοντες που θα πρέπει να λάβει υπ' όψιν του ο project manager. Κύριο εμπόδιο στην πρόσβαση στο χώρο είναι οι συνθήκες που επικρατούσαν πριν στο οικόπεδο, πχ καλλιέργειες. Έτσι, πρώτα θα πρέπει να γίνει

ένας σωστός καθαρισμός του αγροτεμαχίου και έπειτα να προχωρήσουμε σε διαδικασίες εξυγίανσης του εδάφους για να εντοπιστούν προβλήματα όπως η καθίζηση ή κεκλιμένο επίπεδο που χρειάζεται να μεταμορφωθεί σε ίσιο. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το έδαφος παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην απόδοση ενός φ/β συστήματος και οποιαδήποτε ανωμαλία σε αυτό μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση τόσο στην κατασκευή όσο και στην κερδοφορία. Γι' αυτό στο αρχικό στάδιο πολλοί υπεύθυνοι μηχανικοί , αφού δουν την κατάσταση του εδάφους προτιμούν να το διαμορφώσουν σωστά ακόμα και αν αυτό σημαίνει, να βγουν εκτός χρονοδιαγράμματος.

Καιρικές συνθήκες

Όπως έχει γίνει αντιληπτό τα έργα ΑΠΕ λαμβάνουν χώρα σε εξωτερικό χώρο, αυτό σημαίνει ότι τίποτα δεν μπορεί να προστατεύσει την πορεία του έργου από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Είναι άλλωστε αρκετά σύνηθες να καθυστερεί το έργο αρκετές ημέρες, ίσως και εβδομάδες λόγω βροχοπτώσεων, ισχυρών ανέμων ή και χιονοπτώσεων. Ειδικά όταν η κατασκευή του φ/β πάρκου γίνεται σε περιοχή όπου όλα αυτά συνηθίζονται, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη του υπεύθυνου μηχανικού όταν προχωράει στον προγραμματισμό τον εργασιών και να υπολογίζει παραπάνω χρόνο που μπορεί να χρησιμοποιήσει ως περιθώριο για να μην βγει εκτός χρονοδιαγράμματος.

Δοκιμές ορθής λειτουργίας

Τα τεστ λειτουργίας ενέχουν μεγάλη αβεβαιότητα γιατί γίνεται ο τελευταίος έλεγχος πριν την παράδοση. Αυτό σημαίνει ότι οτιδήποτε εμφανιστεί π.χ. κάποιο bug του συστήματος ή κάτι που δεν ανιχνεύεται σωστά ή κάποια δυσλειτουργία θα πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα. Έτσι υπάρχει ο κίνδυνος της καθυστέρησης.

Σύνδεση στο δίκτυο

Η επιθεώρηση βασίζεται τόσο σε εμάς όσο και σε εξωτερικούς παράγοντες. Ο μηχανικός που θα προσληφθεί για να επιθεωρήσει το έργο μας θα προβείς σε συγκεκριμένες ενέργειες για να διαπιστώσει αν είναι όλα καλά. Αν λοιπόν η ομάδα μας , που έχει αναλάβει το έργο δεν δράσει σωστά και σύμφωνα με τις νομικές διατάξεις θα της επιβληθεί πρόστιμο ή απλά θα καθυστερήσει η παράδοση του έργου.

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση του Έργου στο MS-Project

Για την απεικόνιση του project θα χρειαστούμε ένα υπολογιστικό πρόγραμμα στο οποίο θα εισάγουμε όλα τα δεδομένα που αφορούν τα κόστη, τους πόρους, τον χρόνο απασχόλησης των εργαζομένων και τις δραστηριότητες ώστε να έχουμε μια συνολική εικόνα για το πλάνο διαχείρισης αυτών. Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα εργασία είναι το Ms-Project. Το Microsoft Project είναι μια ολοκληρωμένη λύση διαχείρισης εργασιών που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από επιχειρήσεις όλων των μεγεθών. Αυτό το πρόγραμμα κάνει τα πάντα, από τη δημιουργία και την ανάθεση εργασιών έως τη διαχείριση φύλλων χρόνου και προϋπολογισμών. Η διεπαφή του είναι πολύ εύκολη στη χρήση και θα επιτρέψει στους διαχειριστές να συμβουλεύονται τον την πρόοδο όλων των έργων τους γρήγορα.

Για να μπορέσουμε να έχουμε την συνολική εικόνα μαζί με το πλάνο διαχείρισης, θα λάβουμε ως δεδομένα

- ✓ Το δομικό διάγραμμα έργου,
- ✓ Τη λίστα των δραστηριοτήτων,
- ✓ Τις σχέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων
- ✓ Τους απαιτούμενους πόρους
- ✓ Τον προϋπολογισμό του έργου.

Γενικότερα, στον κατασκευαστικό κλάδο, υπάρχει μεγάλη πίεση όσον αφορά τον χρόνο υλοποίησης ενός έργου. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν αυστηρές προθεσμίες που πρέπει να τηρούνται.

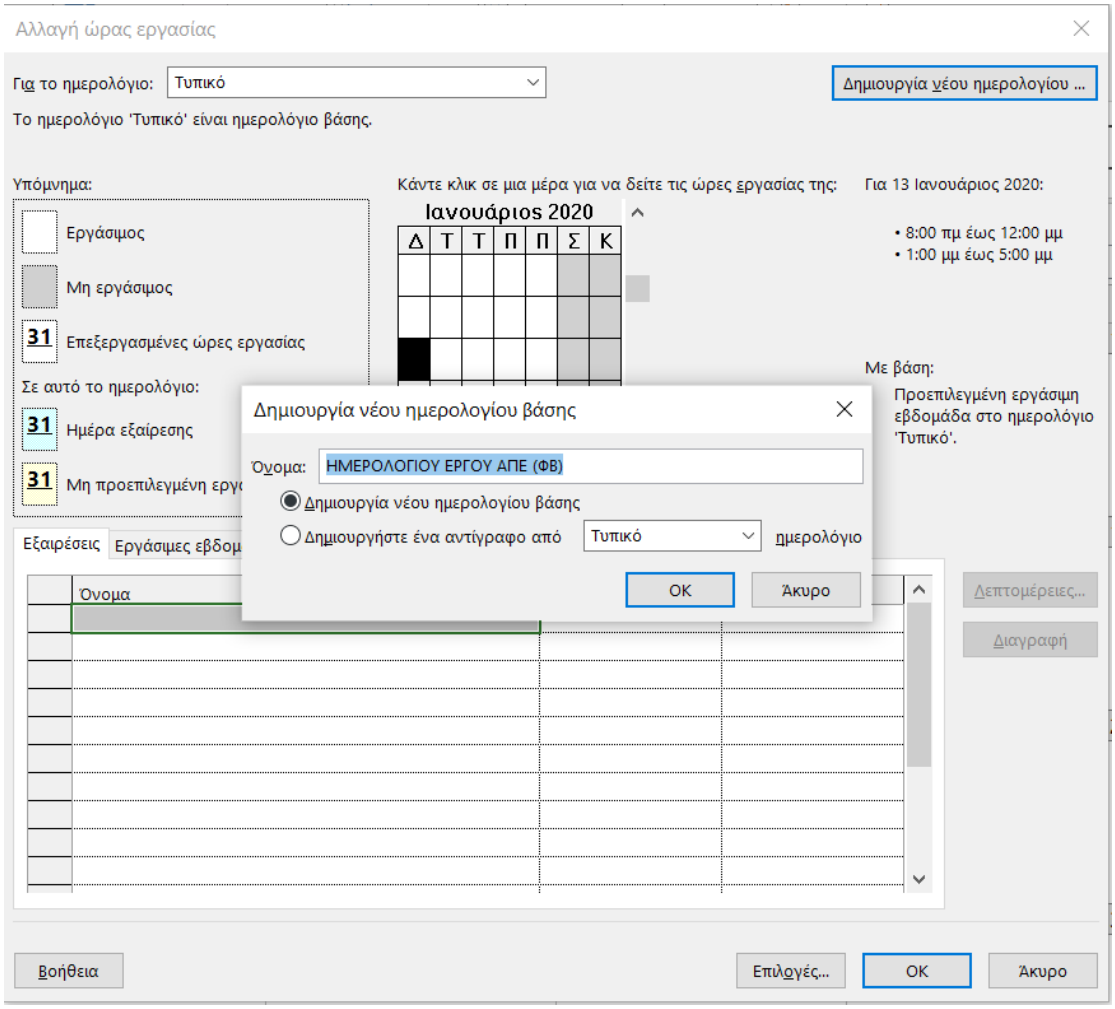
Για το παρόν έργο τηρείται το παρακάτω πρόγραμμα:

Ωράριο εργασίας: 08:00-16:00

(Ώρες ανά ημέρα: 8)

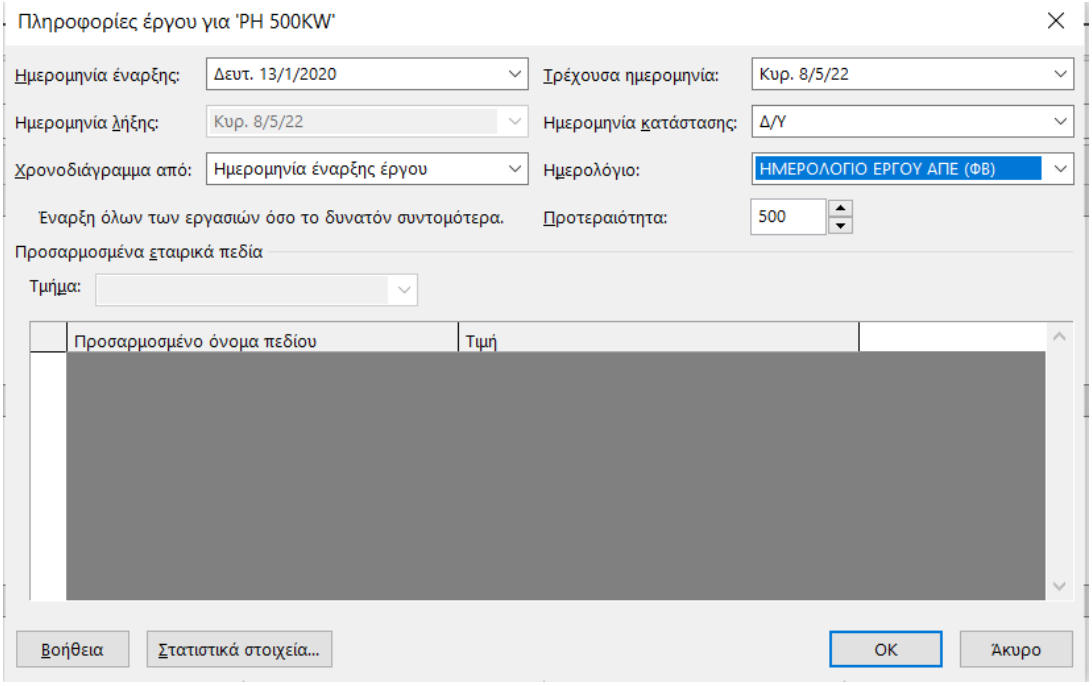
Ημέρες εργασίας ανά εβδομάδα: Δευτέρα – Παρασκευή (Ημέρες ανά εβδομάδα: 5)

Το πρώτο και κυριότερο που πρέπει να ρυθμίσουμε είναι το ημερολόγιο του έργου. Έχοντας παραμετροποιήσει το ημερολόγιο, μπορούμε να έχουμε το δικό μας σταθερό ωράριο αλλά και τις αργίες. Αρχικά λοιπόν στη καρτέλα «Έργο» επιλέγουμε «Αλλαγή χρόνου εργασίας». Στο παράθυρο που εμφανίζεται μπροστά μας επιλέγουμε το «Δημιουργία Ημερολογίου» και δημιουργούμε το ημερολόγιο μας με το όνομα «ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΟΥ ΑΠΕ (ΦΒ)».



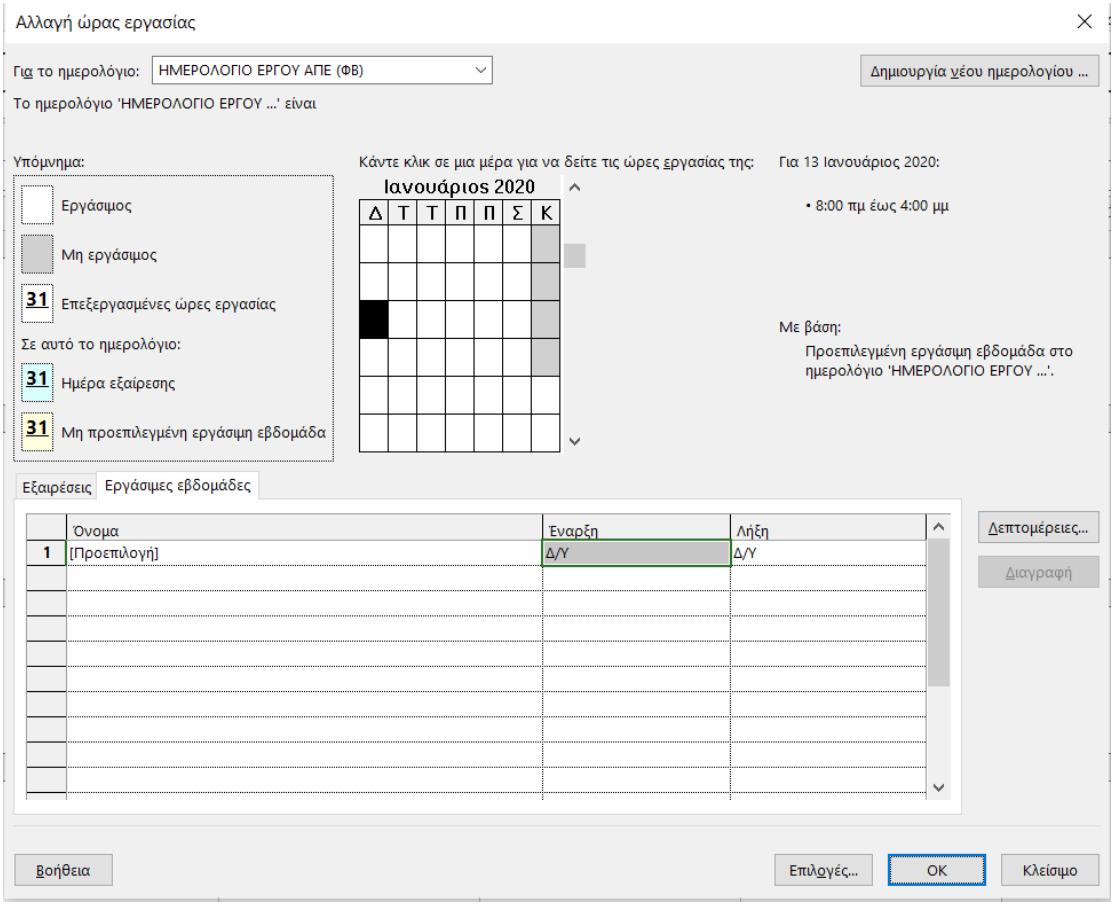
Εικόνα 13: Ημερολόγιο έργου

Ως ημερομηνία έναρξης κατασκευής του έργου έχει καταχωρηθεί η 13 Ιανουαρίου 2020 ενώ η ημερομηνία λήξης του έργου υπολογίζεται από τις δραστηριότητες που θα προσθέσουμε στη συνέχεια και την διάρκεια αυτών. Σαν ημερολόγιο επιλέγουμε αυτό που έχουμε δημιουργήσει για το συγκεκριμένο έργο.



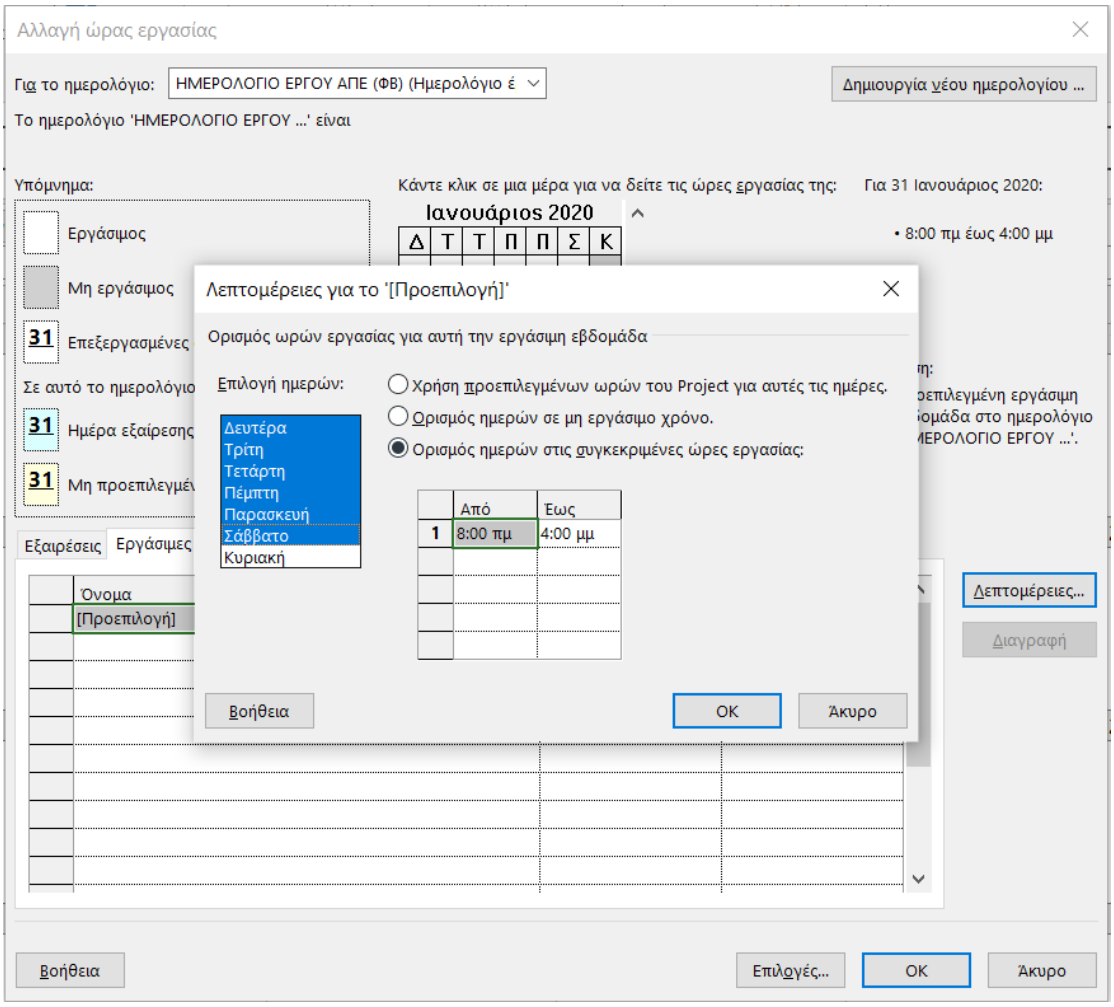
Εικόνα 14: Πληροφορίες έργου

Ξεκινάμε λοιπόν, ρυθμίζοντας το ημερολόγιο βάσης που έχουμε δημιουργήσει μ όνομα «ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΟΥ ΑΠΕ (ΦΒ)».



Εικόνα 15: Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ

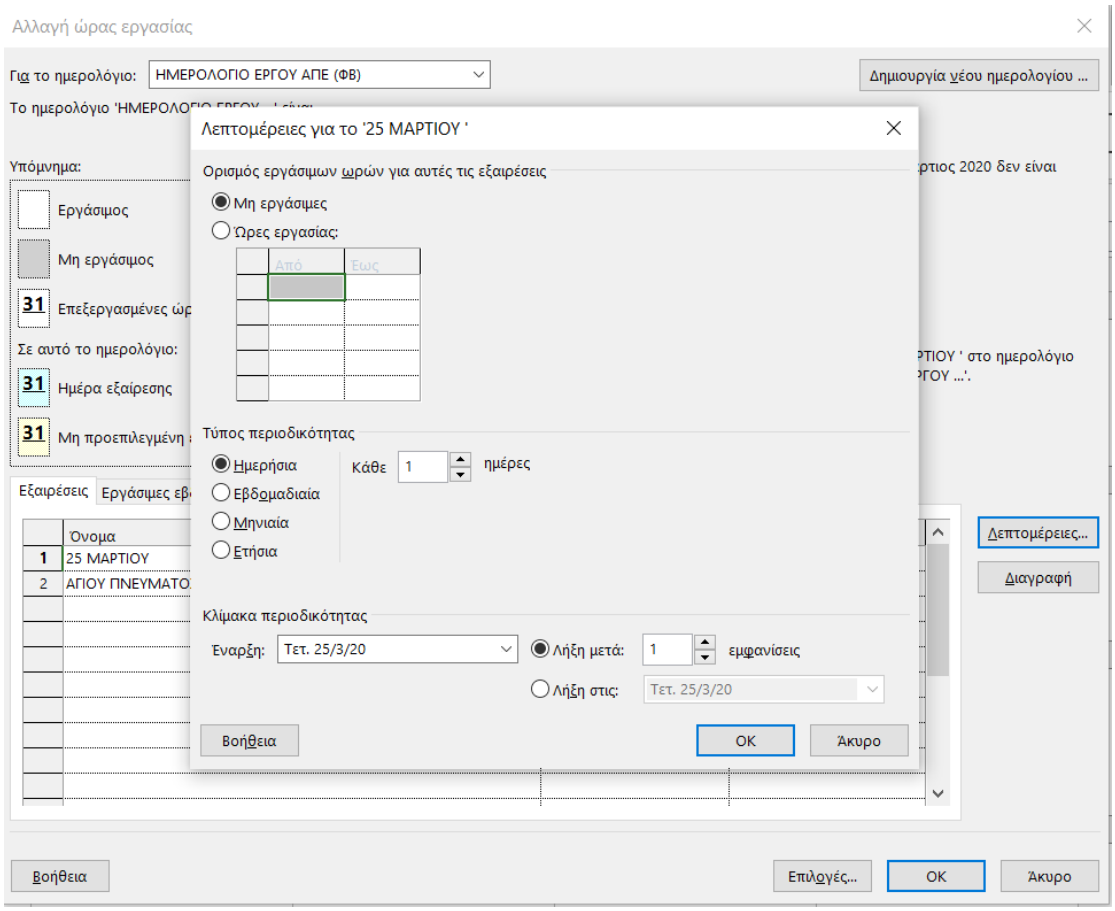
Έπειτα, θα πρέπει να ορίσουμε τις μέρες της εβδομάδας που θα γίνονται εργασίες και το ωράριο εργασιών. Οι μέρες εργασίας στο έργο θα είναι καθημερινά Δευτέρα με Σάββατο. Το ωράριο εκτέλεσης εργασιών θα είναι από τις 8π.μ. έως τις 4μ.μ. και το ωράριο θα είναι συνεχόμενο οπότε προκύπτουν 8 ώρες εργασίας την ημέρα. Συνολικά θα έχουμε 48 ώρες εργασίας την εβδομάδα και 24 μέρες τον μήνα. Οι μέρες που δε θα έχουμε εργασίες είναι οι Κυριακές, η 25η Μαρτίου και η Αργία του Αγίου Πνεύματος 8η Ιουνίου. Για να ορίσουμε τις μέρες και ώρες εργασίας στο παράθυρο που βρισκόμαστε «Αλλαγή χρόνου εργασίας» και στην καρτέλα «Εργάσιμες εβδομάδες» ενεργοποιούμε τα «Λεπτομέρειες». Στη συνέχεια στο παράθυρο που εμφανίζεται μπροστά μας επιλέγουμε το «Ορισμός ωρών εργασίας για αυτή την εργάσιμη εβδομάδα» για να θέσουμε τις δικό μας ωράριο και τις δικές μας μέρες εργασίας. Θέτουμε λοιπόν το δικό μας ωράριο και επιλέγουμε τις εργάσιμες μέρες.



Εικόνα 16: Αργίες και εξαιρέσεις

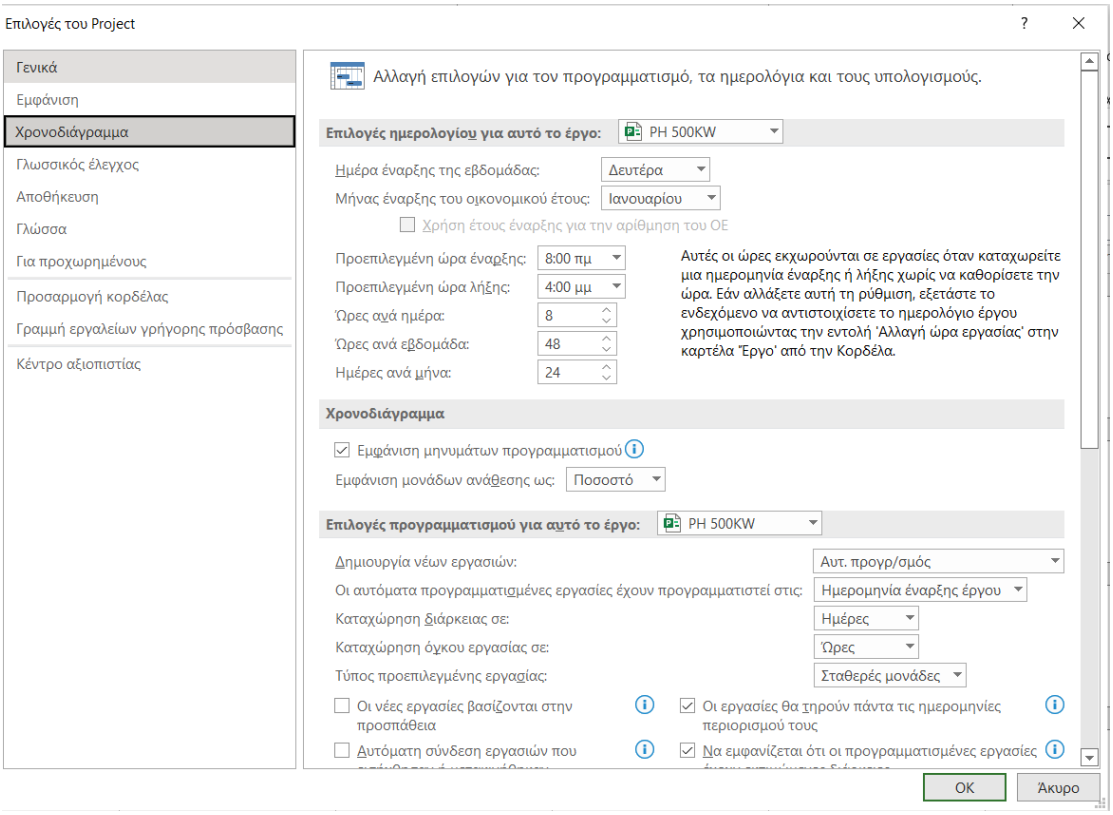
Στη συνέχεια, θα πρέπει τώρα να ορίσουμε και τις αργίες που στην περίπτωση του έργου μας είναι η 25η Μαρτίου και η 8η Ιουνίου. Στην καρτέλα «Εξαιρέσεις» καταχωρούμε το όνομα της εθνικής εορτής, επιλέγουμε «Λεπτομέρειες» και την

ορίζουμε ως «Μη εργάσιμη». Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε και για την άλλη αργία που έχουμε επιλέξει.

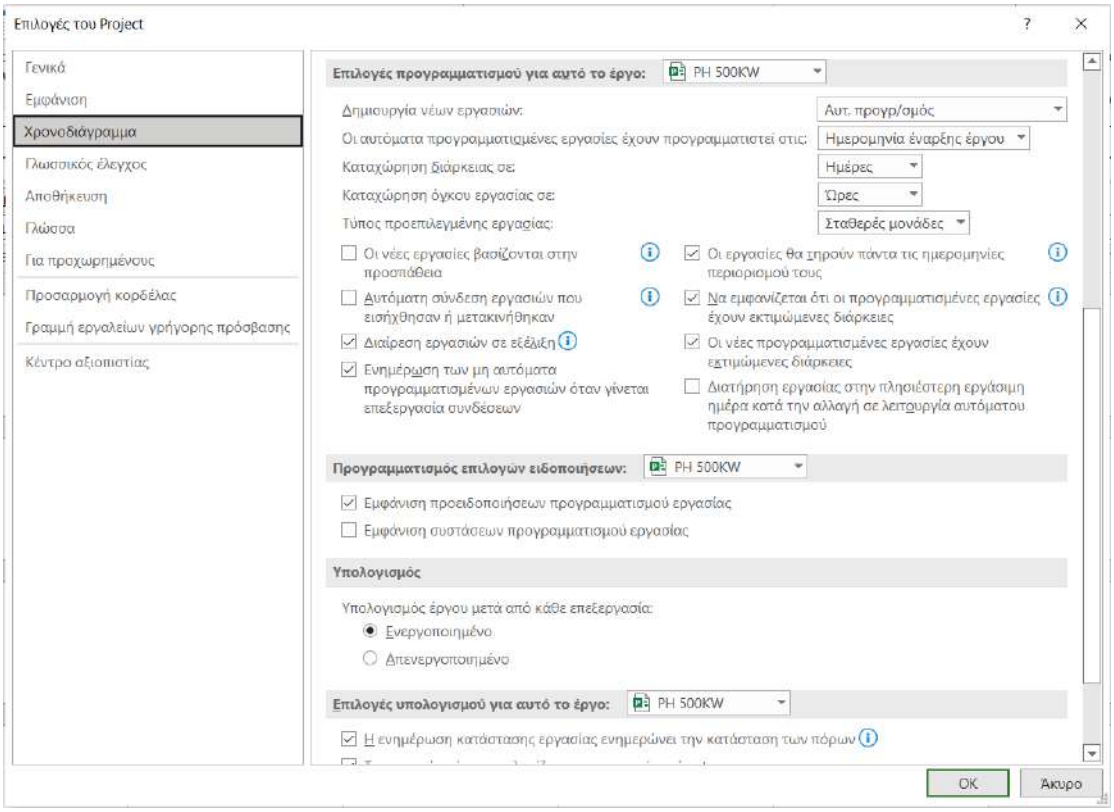


Εικόνα 17: Λεπτομέρειες εξαιρέσεων

Στο τέλος θα προχωρήσουμε στην αλλαγή των προκαθορισμένων επιλογών του ημερολογίου έτσι ώστε να συμφωνούν με το ημερολόγιο που δημιουργήσαμε. Επιλέγουμε Αρχείο- Επιλογές-Πρόγραμμα και ορίζουμε τα νέα δεδομένα Ως ημέρα έναρξης της εβδομάδας ορίστηκε η Δευτέρα και ως οικονομικός μήνας έναρξης του έργου ο Ιανουάριος ενώ διαμορφώσαμε το ωράριο και τις ώρες εργασίας.

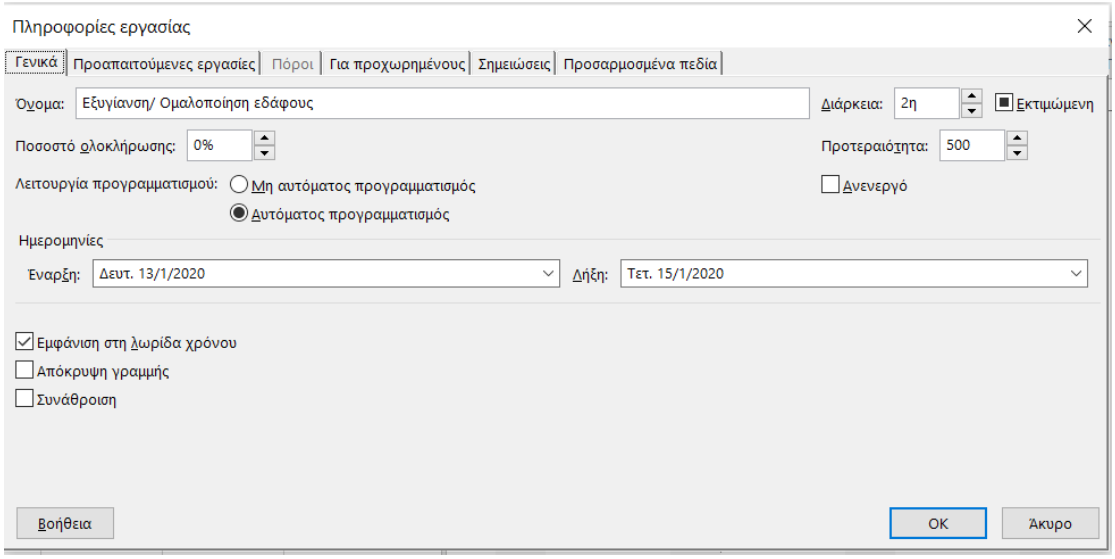


Εικόνα 18: Ρυθμίσεις και περαιτέρω επιλογές



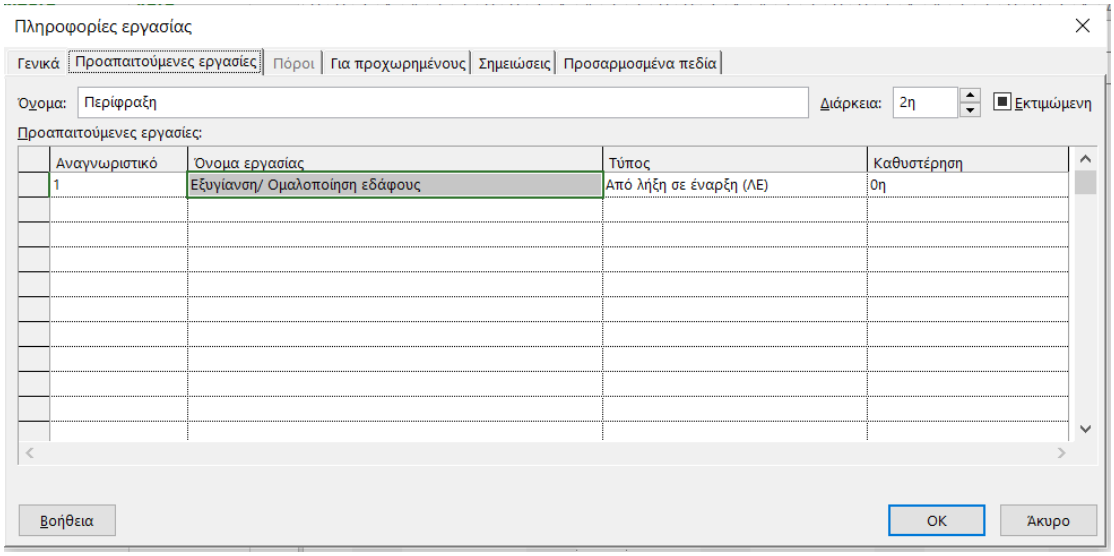
Εικόνα 19: Προγραμματισμός επιλογών

Σαν επόμενο βήμα, θα πρέπει να καταχωρηθούν οι δραστηριότητες του έργου στο πρόγραμμα. Ως παράδειγμα, θα λάβουμε την πρώτη δραστηριότητα που είναι η «εξυγίανση/ομαλοποίηση εδάφους». Στην καρτέλα «Γενικά» συμπληρώνουμε το όνομα της δραστηριότητας και άλλα σημαντικά στοιχεία όπως η διάρκεια και η ημερομηνία έναρξης και λήξης.



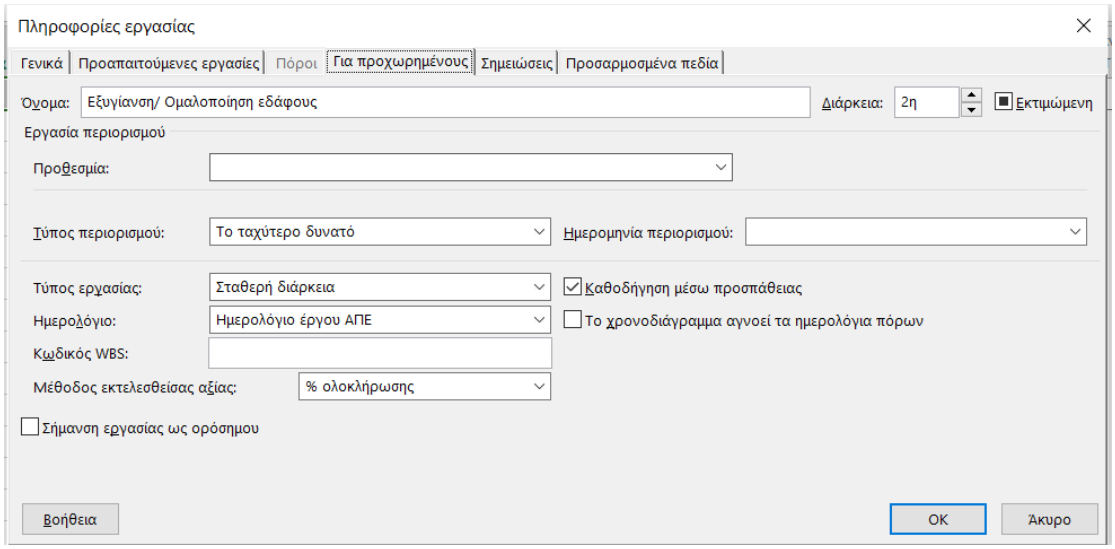
Εικόνα 20: Πληροφορίες εργασίας

Συνεχίζοντας με τις επόμενες καρτέλες, περνάμε στις προαπαιτούμενες εργασίες. Στην περίπτωση μας, η συγκεκριμένη δραστηριότητα δεν έχει προαπαιτούμενες όμως αν είχε θα ήταν όπως η παρακάτω. Επιλέγουμε από ένα αναδυόμενο παράθυρο τις δραστηριότητες που θέλουμε να ορίσουμε ως προαπαιτούμενες και έτσι συμπληρώνονται αυτόματα το διάγραμμα Gantt και η μέθοδος της κρίσιμης διαδρομής (CPM). Φυσικά, προϋπόθεση είναι να έχουμε ήδη καταχωρήσει στο σύστημα μας αυτές τις δραστηριότητες.



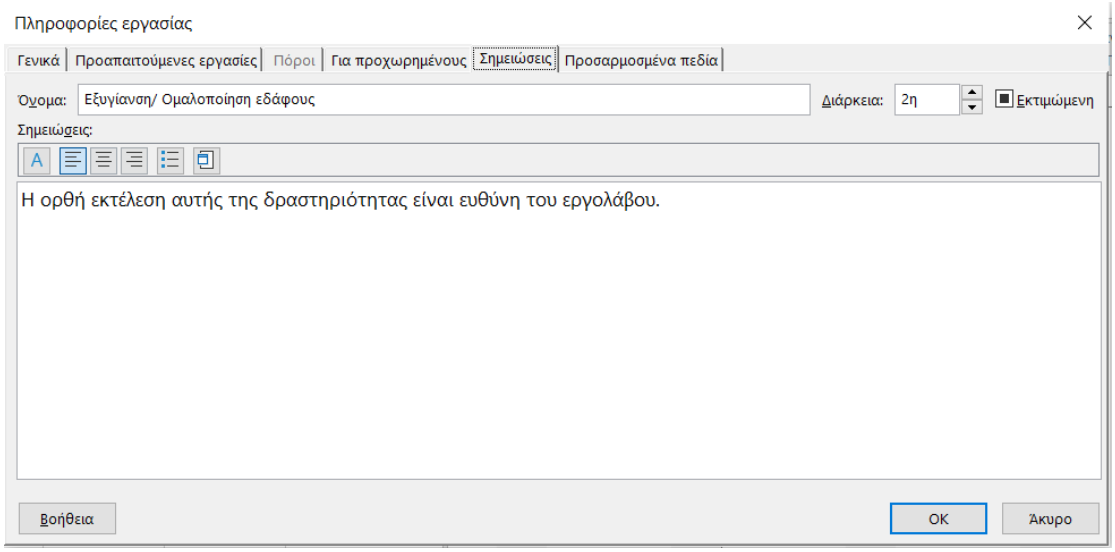
Εικόνα 21: Προαπαιτούμενες εργασίες

Η επόμενη καρτέλα προς συμπλήρωση είναι η καρτέλα «Για προχωρημένους». Εδώ συμπληρώνουμε σημαντικά στοιχεία για τον ορισμό του χρονοπρογράμματος. Τέτοια στοιχεία αποτελούν οι προθεσμίες που μπορεί να υπάρχουν αλλά και τυχόν περιορισμοί. Για παράδειγμα μπορεί να γνωρίζουμε ότι μια δραστηριότητα είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί πριν από μια συγκεκριμένη ημερομηνία λόγω κωλύματος του εργολάβου ή του συνεργείου που είναι υπεύθυνο για την πραγματοποίηση της.



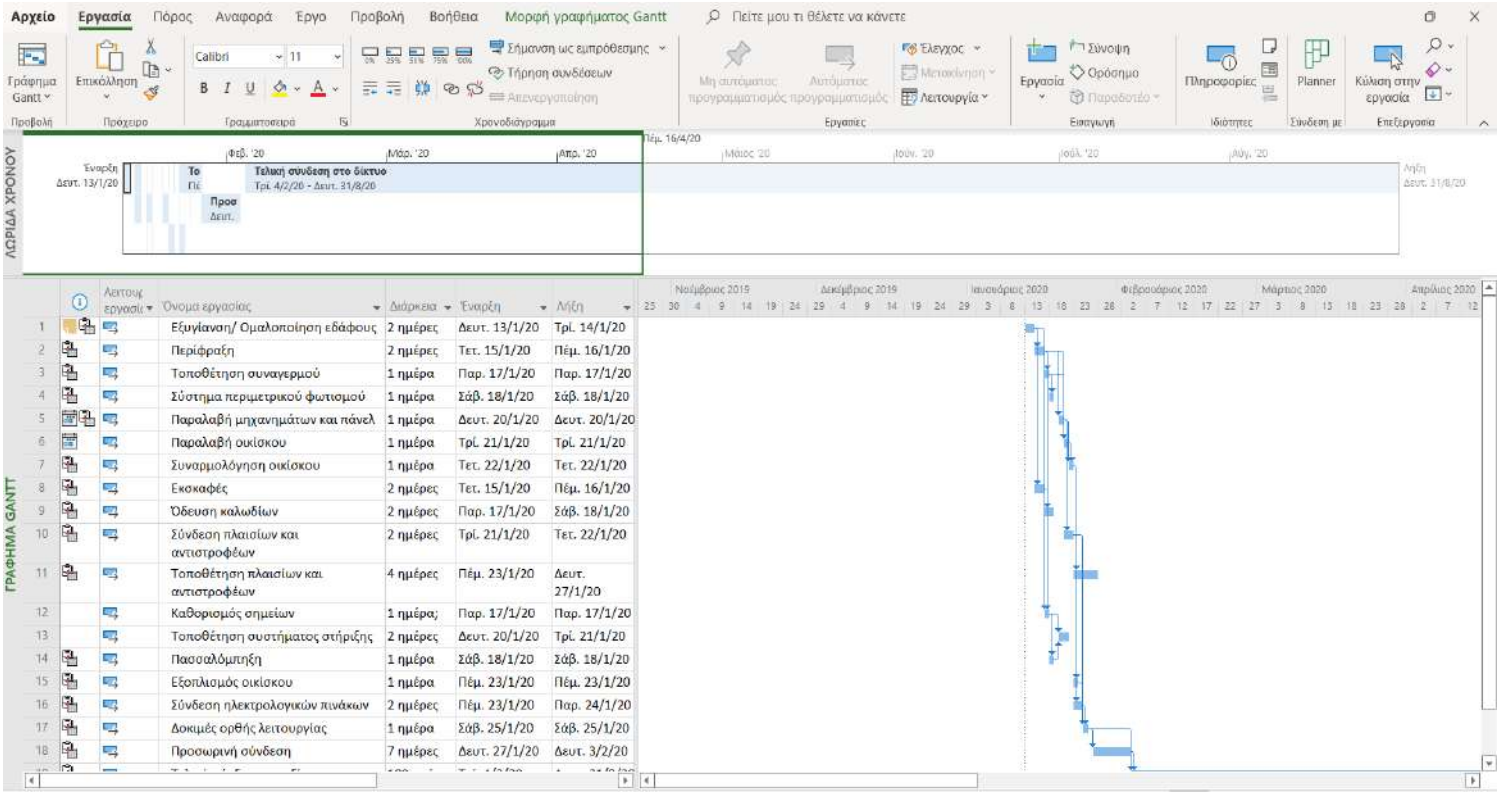
Εικόνα 22: Ρυθμίσεις για προχωρημένους

Σαν τελικό βήμα, συμπληρώνουμε την καρτέλα «Σημειώσεις». Αυτή η καρτέλα λειτουργεί πιο πολύ βοηθητικά στη διαχείριση του έργου μιας και μας βοηθάει να κρατάμε χρήσιμες σημειώσεις στις οποίες θέλουμε να έχουμε πρόσβαση εύκολα και γρήγορα.



Εικόνα 23: Δυνατότητα προσθήκης σημειώσεων

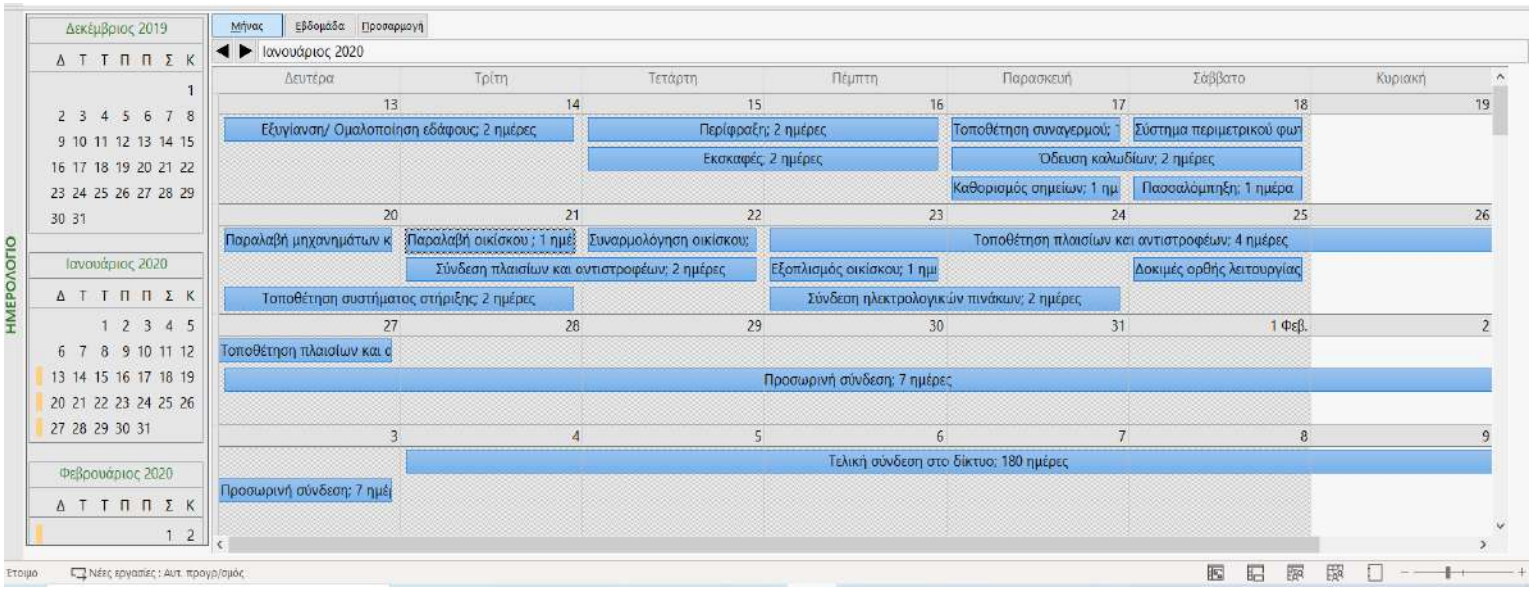
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία, η γραμμή εργασίας θα διαμορφωθεί όπως στην παρακάτω εικόνα. Επίσης βλέπουμε όλες τις δραστηριότητες συγκεντρωμένες με



Εικόνα 24: Πρώτη εικόνα στο MS Project

σωστή χρονική αλληλουχία. Στο δεξί μέρος της εικόνας αναπαρίστανται οι δραστηριότητες με τη σωστή σειρά εκτέλεσης τους. Έτσι μπορούμε να έχουμε μια συνολική σφαιρική εικόνα του συνόλου των δραστηριοτήτων και των σχέσεων μεταξύ τους. Μην ξεχνάμε ότι σε αυτό το στάδιο, βοηθάει πολύ η οπτική αναπαράσταση.

Αν μετά κοιτάξουμε το γενικό ημερολόγιο θα δούμε ότι εμφανίζονται όλες οι δραστηριότητες ανάλογα με τη μορφή που έχουμε επιλέξει. Στις επιλογές αυτές



Εικόνα 25: Παρουσίαση ημερολογίου

συμπεριλαμβάνονται η μηνιαία, η εβδομαδιαία αλλά και η προσαρμοσμένη

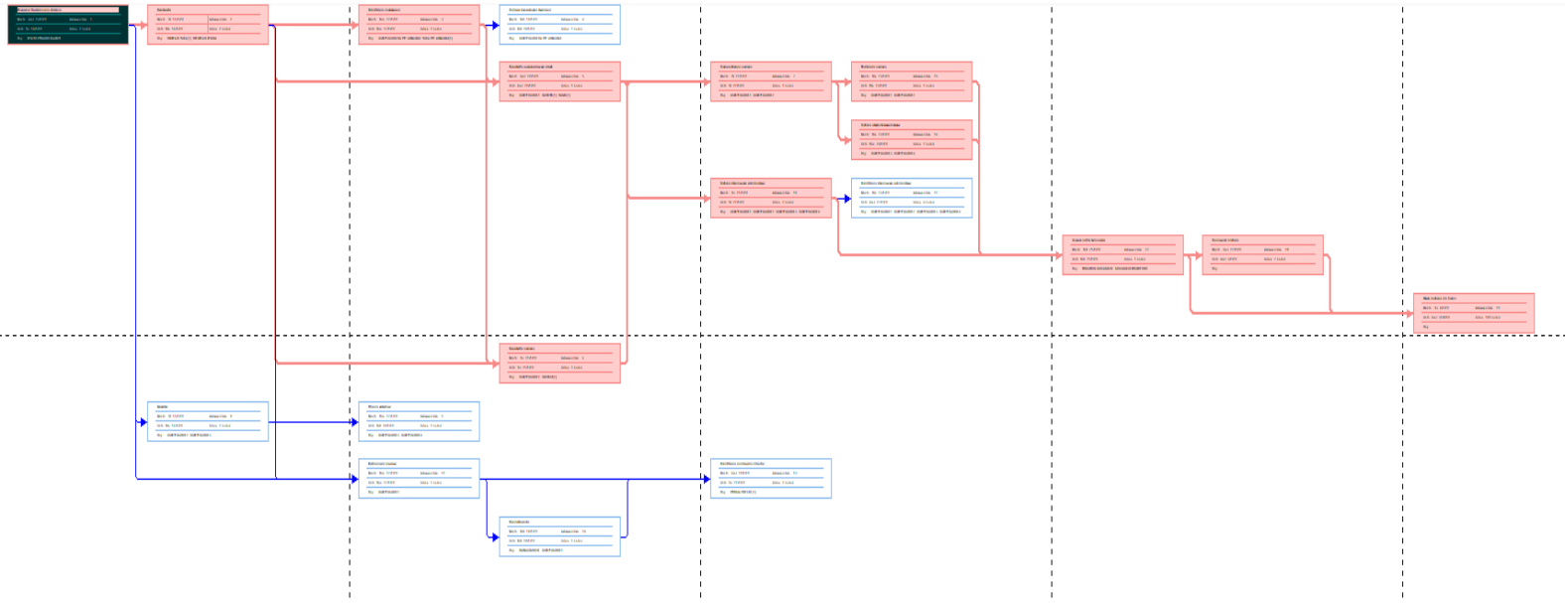
απεικόνιση. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε μια συνολική εικόνα των εργασιών μέσω ενός ημερολογίου που όλοι ξέρουμε να χειριζόμαστε.

Αφού έχουμε εισάγει τις δραστηριότητες, πέρα από το διάγραμμα Gantt, αυτόματα έχουμε και το διάγραμμα δικτύου. Στο διάγραμμα δικτύου εμφανίζεται η κρίσιμη διαδρομή. Η μέθοδος κρίσιμης διαδρομής (CPM) είναι μια τεχνική όπου προσδιορίζετε εργασίες που είναι απαραίτητες για την ολοκλήρωση του έργου και προσδιορίζετε τις ευελιξίες προγραμματισμού. Μια κρίσιμη διαδρομή στη διαχείριση έργου είναι η μεγαλύτερη ακολουθία δραστηριοτήτων που πρέπει να ολοκληρωθούν εγκαίρως για να ολοκληρωθεί ολόκληρο το έργο. Οποιεσδήποτε καθυστερήσεις σε κρίσιμες εργασίες θα καθυστερήσουν το υπόλοιπο έργο. Το CPM περιστρέφεται γύρω από την ανακάλυψη των πιο σημαντικών εργασιών στο χρονοδιάγραμμα του έργου, τον εντοπισμό εξαρτήσεων εργασιών και τον υπολογισμό της διάρκειας εργασιών.

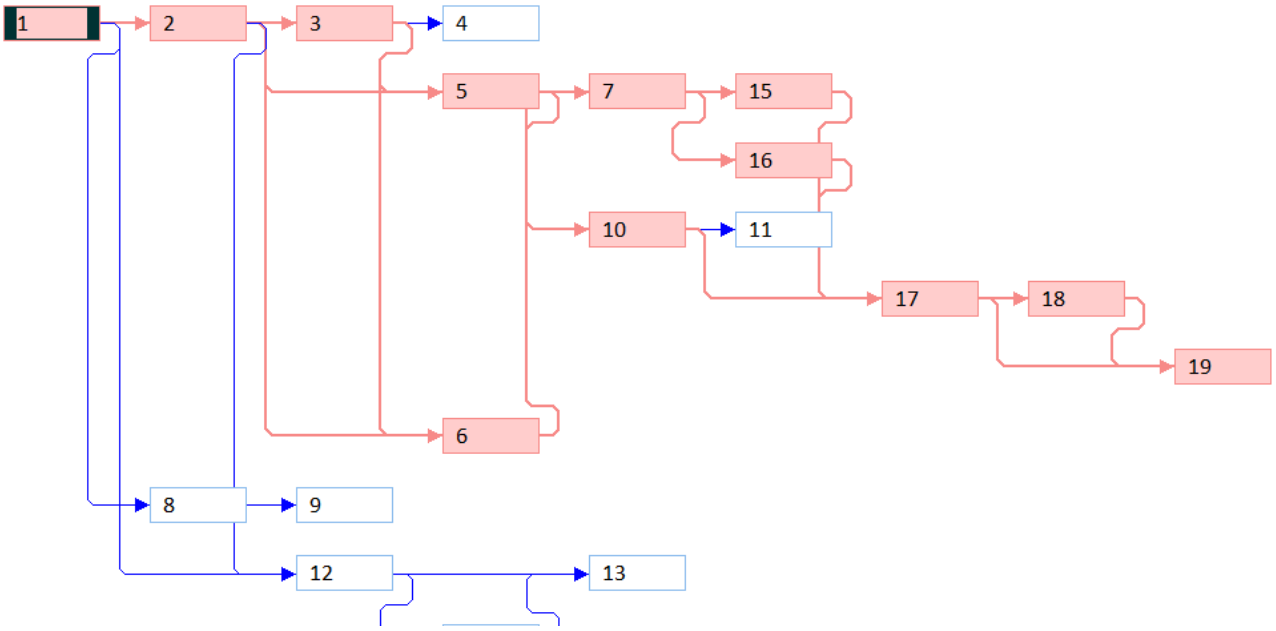
Το CPM μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο σχεδιασμού έργων, κατανομής πόρων και προγραμματισμού εργασιών. Ακολουθούν μερικοί λόγοι για τους οποίους πρέπει να χρησιμοποιήσετε αυτήν τη μέθοδο:

- Βελτιώνει τον μελλοντικό σχεδιασμό: Το CPM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση των προσδοκιών με την πραγματική πρόοδο. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται από τα τρέχοντα έργα μπορούν να ενημερώσουν τα μελλοντικά σχέδια έργων.

- Διευκολύνει την αποτελεσματικότερη διαχείριση πόρων: Το CPM βοηθά τους διαχειριστές έργων να δίνουν προτεραιότητα στις εργασίες, δίνοντάς τους μια καλύτερη ιδέα για το πώς και πού να αναπτύξουν πόρους.
- Βοηθά στην αποφυγή σημείων συμφόρησης: Τα σημεία συμφόρησης σε έργα μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια πολύτιμου χρόνου. Η σχεδίαση των εξαρτήσεων του έργου χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα δικτύου, θα σας δώσει μια καλύτερη ιδέα για το ποιες δραστηριότητες μπορούν και ποιες δεν μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα, επιτρέποντάς σας να προγραμματίσετε ανάλογα.



Εικόνα 27: Διάγραμμα δικτύου



Εικόνα 26: Διάγραμμα δικτύου σε σύμπτυξη

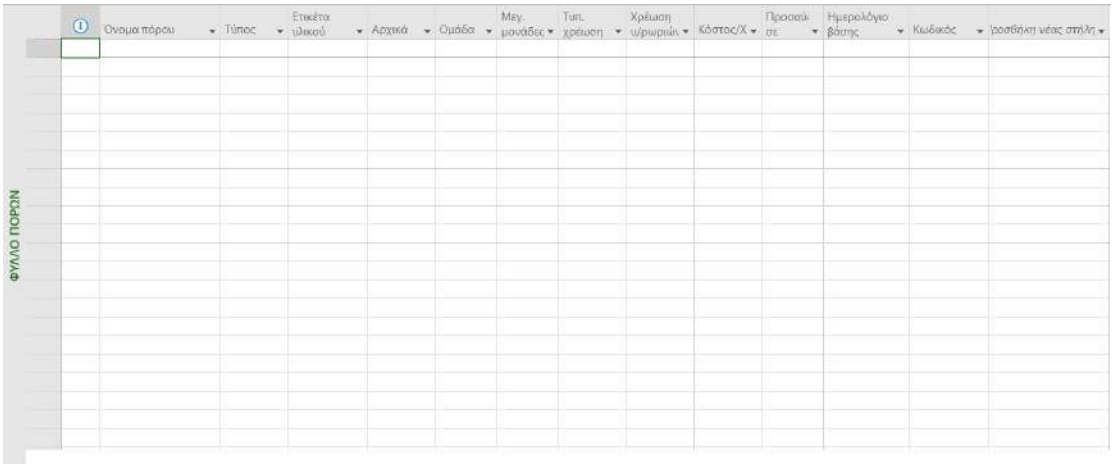
‘Οπως βλέπουμε όμως, όσο και να μειώσουμε το ζουμ, η εικόνα δες είναι ικανοποιητική όταν θέλουμε να έχουμε όλο το διάγραμμα. Το διάγραμμα μπορεί να συμπτυχθεί μέσω

της επιλογής Collapse Boxes (σύμπτυξη). Με την σύμπτυξη, η προεπιλεγμένη προβολή των πληροφοριών των εργασιών αντικαθίσταται μόνο με την αρίθμησή τους. Καταλήγουμε λοιπόν στην κάτωθι εικόνα:

Εφόσον έχουμε τελειώσει με τον χρονικό προγραμματισμό, προχωράμε στην εισαγωγή των πόρων. Ξεκινάμε πρώτα με μια μικρή εισαγωγή αναφορικά με το τι σημαίνει πόρος για το ms project.

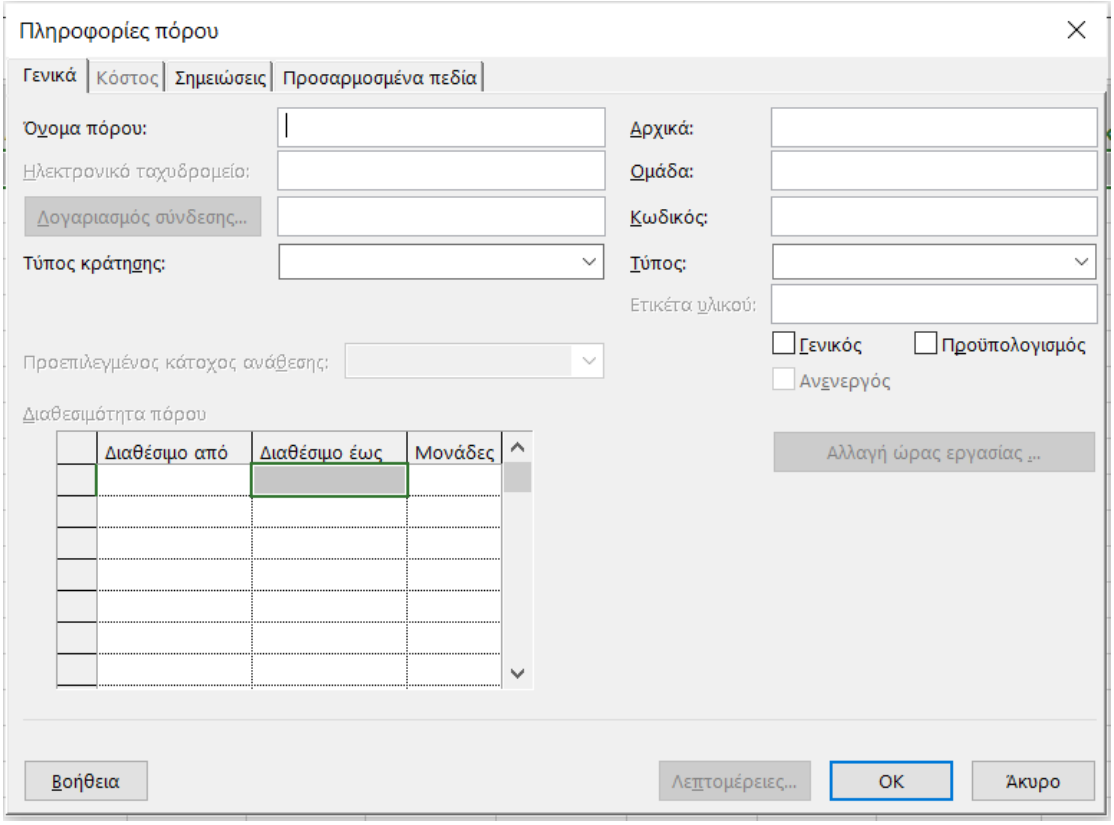
- Πόροι εργασίας (Work resource). Το βασικό μέγεθος που εντάσσει έναν πόρο στην κατηγορία αυτή είναι η εξάρτησή του από τον χρόνο. Οποιοιδήποτε πόροι, η συμμετοχή των οποίων στο έργο ελέγχεται μέσω του χρόνου, θεωρούνται πόροι εργασίας. Το κόστος των πόρων εργασίας ορίζεται ανά χρονική μονάδα.
- Υλικοί πόροι (Material resource). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πόροι που καταναλώνονται κατά την υλοποίηση του έργου. Οι υλικοί πόροι επιδρούν στις διάρκειες των εργασιών του έργου, μόνο στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμοι και υπάρχει χρόνος αναμονής ώστε να υλοποιηθεί η παραγγελία και η παραλαβή τους. Το κόστος των υλικών πόρων ορίζεται ανά μονάδα μέτρησή τους.
- Πόροι κόστους (Cost resource). Οι πόροι αυτής της κατηγορίας δεν συνδέονται άμεσα με τη συμμετοχή προσωπικού και υλικών που καταναλώνονται κατά την εκτέλεση μιας εργασίας και ως εκ τούτου, χρεώνονται κατά αποκοπή.

Ξεκινώντας, κρίνεται απαραίτητο να δημιουργήσουμε ένα καινούριο φύλλο πόρων. Αυτό γίνεται πηγαίνοντας στο μενού προβολή, στην ομάδα προβολή πόρων και πατώντας στο drop down menu φύλλο πόρων. Η οθόνη μας θα γίνει όπως η παρακάτω εικόνα.



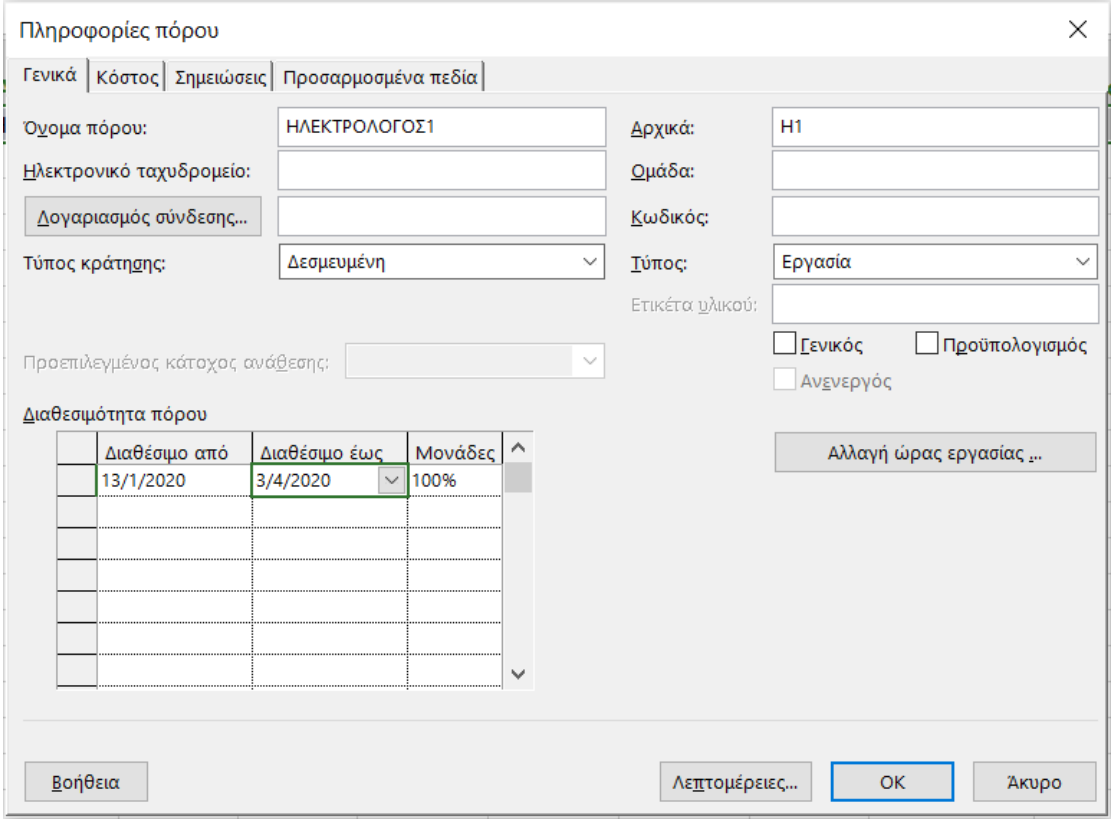
Εικόνα 28: Φύλλο πόρων

Αν κάνουμε διπλό κλικ στην κενή γραμμή θα είμαστε σε θέση να εισάγουμε ένα πόρο. Εμφανίζεται το αναδυόμενο παράθυρο προς συμπλήρωση, ξεκινάμε με το όνομα πόρου και περνάμε στα αρχικά μαζί με την ομάδα και τον κωδικό αν μας εξυπηρετεί. Έπειτα, προσθέτουμε τη διαθεσιμότητα, κάτι το οποίο είναι αρκετά σημαντικό διότι μπορεί να καθορίσει την πορεία της διαδικασίας και κατ' επέκταση του έργου.



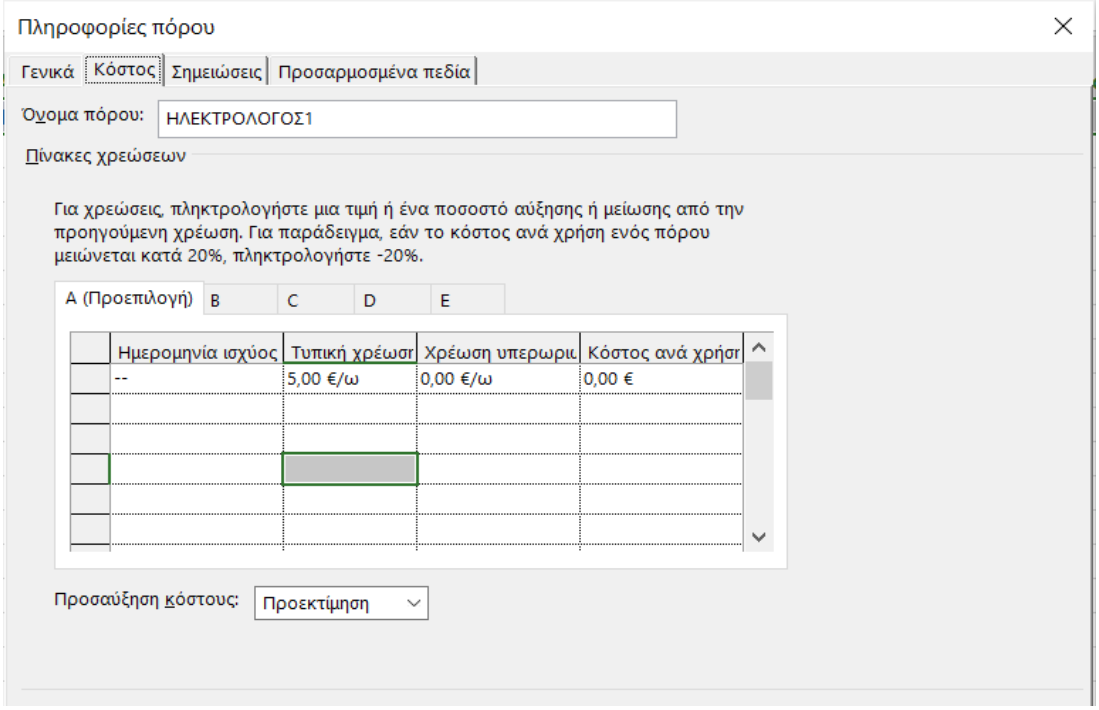
Εικόνα 29: Πληροφορίες πόρου

Η συμπλήρωση φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 30: Συμπλήρωση της καρτέλας "Γενικά"

Αυτή είναι μια ενδεικτική συμπλήρωση του φύλλου πόρων πρώτο πόρο να αποτελεί η προσθήκη του «Ηλεκτρολόγος 1». Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο πόρος



Εικόνα 31: Συμπλήρωση της καρτέλας "Κόστος"

ηλεκτρολόγος 1/2/3/4 αντιστοιχεί σε άτομα της εταιρίας που δημιουργεί το πάρκο αλλά και το διαχειρίζεται.

Κατά συνέπεια όπως θα δούμε στην παραπάνω εικόνα, το κόστος είναι ένα συνηθισμένο ωρομίσθιο και η διαθεσιμότητα είναι από την έναρξη του έργου έως και την τελευταία εργασία που μπορεί να εμπλακεί.

ΦΥΛΛΟ ΠΟΡΩΝ

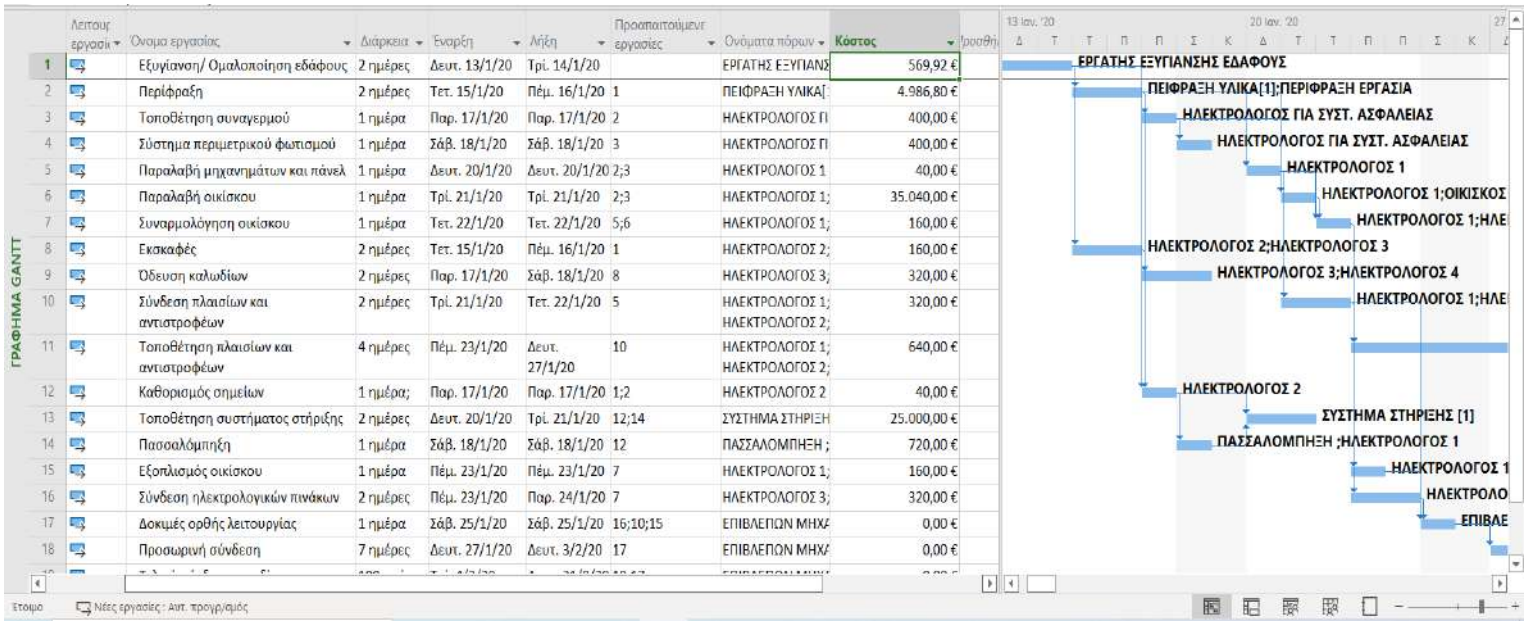
	Όνομα πόρου	Τύπος	Ετικέτα υλικού	Αρχικά	Ομάδα	Μεγ. μονάδες	Τυπ. χρέωση	Χρέωση υ/ρωριών	Κόστος/Χ	Προσαύ σε	Ημερολόγιο βάσης	Κωδικός	Προσθήκη νέας στήλης
1	ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	Εργασία		ΡΜ		100%	0,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
2	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1	Εργασία		Η1		0%	5,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
3	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 2	Εργασία		Η2		100%	5,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
4	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 3	Εργασία		Η3		100%	5,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
5	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 4	Εργασία		Η4		100%	5,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
6	ΠΑΝΕΛ	Υλικό		ΠΑΝΕΛ			120.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
7	INVERTER	Υλικό		Ι			22.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
8	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤ. ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	Εργασία		Η		100%	50,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
9	ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤ. ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	Υλικό		Υ			2.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
10	ΠΕΙΦΡΑΞΗ ΥΛΙΚΑ	Υλικό		Π			3.950,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
11	ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	Εργασία		Π		100%	64,80 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
12	ΠΑΣΣΑΛΟΜΠΗΞΗ	Εργασία		Π		100%	175,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
13	ΥΛΙΚΑ	Υλικό		Υ			15.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
14	ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	Εργασία		ΜΕ		100%	0,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		
15	ΟΙΚΙΣΚΟΣ	Υλικό		Ο			35.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
16	ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	Υλικό		Σ			25.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
17	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ	Εργασία		ΗΜ		100%	0,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έρ		

Έτοιμο Εφαρμογή φίλτρου επισήμανσης Νέες εργασίες : Αυτ. προγρ/σμός

Εικόνα 32: Οι πόροι συνολικά

Παραπάνω βλέπουμε το σύνολο των πόρων που έχουν περαστεί. Σημειωμένοι με κίτρινο, είναι οι πόροι που απαιτούν υλικά. Με την ίδια λογική θα μπορούσαμε να έχουμε υπογραμμίσει τους πόρους που σχετίζονται με την εργασία.

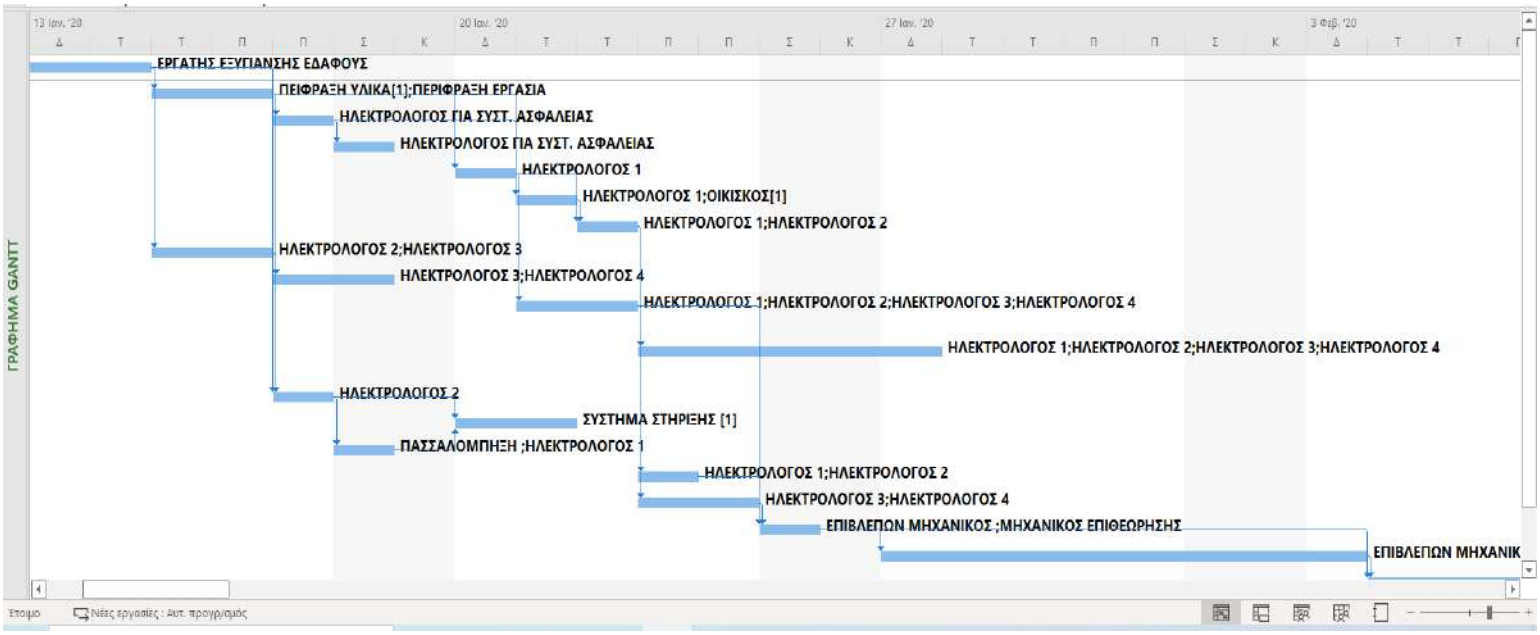
Αφού δημιουργήσουμε τους πόρους που χρειαζόμαστε για την ορθή εκτέλεση του έργου, θα πρέπει να γίνει η ανάθεση εργασιών. Η ανάθεση γίνεται με διπλό κλικ στην δραστηριότητα και συμπληρώνοντας τα κατάλληλα πεδία στην καρτέλα «πόροι». Υπάρχουν όλοι οι διαθέσιμοι πόροι και αυτό που κρίνεται απαραίτητα είναι να κάνουμε κλικ σε όσους αντιστοιχούν στην εκάστοτε δραστηριότητα. Με αυτό τον τρόπο το διάγραμμα Gantt αλλάζει μορφή, αφού πλέον περιέχει και τους πόρους που απαιτούνται για την πραγματοποίηση της κάθε δραστηριότητας. Επίσης οι στήλες «ονόματα πόρων» και «κόστος» έχουν τιμές ενώ πριν δεν ήταν συμπληρωμένες.



	Λειτουρ εργασία	Όνομα εργασίας	Διάρκεια	Έναρξη	Λήξη	Προαπαιτούμενε εργασίες	Ονόματα πόρων	Κόστος
1		Εξυγίανση/ Ομαλοποίηση εδάφους	2 ημέρες	Δευτ. 13/1/20	Τρί. 14/1/20		ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΞΥΓΙΑΝΣ	569,92 €
2		Περίφραξη	2 ημέρες	Τετ. 15/1/20	Πέμ. 16/1/20	1	ΠΕΙΦΡΑΞΗ ΥΛΙΚΑ[	4.986,80 €
3		Τοποθέτηση συναγερμού	1 ημέρα	Παρ. 17/1/20	Παρ. 17/1/20	2	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ Π	400,00 €
4		Σύστημα περιμετρικού φωτισμού	1 ημέρα	Σάβ. 18/1/20	Σάβ. 18/1/20	3	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ Π	400,00 €
5		Παραλαβή μηχανημάτων και πάνελ	1 ημέρα	Δευτ. 20/1/20	Δευτ. 20/1/20	2;3	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1	40,00 €
6		Παραλαβή οικίσκου	1 ημέρα	Τρί. 21/1/20	Τρί. 21/1/20	2;3	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1;	35.040,00 €
7		Συναρμολόγηση οικίσκου	1 ημέρα	Τετ. 22/1/20	Τετ. 22/1/20	5;6	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1;	160,00 €
8		Εκσκαφές	2 ημέρες	Τετ. 15/1/20	Πέμ. 16/1/20	1	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 2;	160,00 €
9		Όδευση καλωδίων	2 ημέρες	Παρ. 17/1/20	Σάβ. 18/1/20	8	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 3;	320,00 €
10		Σύνδεση πλαισίων και αντιστροφέων	2 ημέρες	Τρί. 21/1/20	Τετ. 22/1/20	5	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1; ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 2;	320,00 €
11		Τοποθέτηση πλαισίων και αντιστροφέων	4 ημέρες	Πέμ. 23/1/20	Δευτ. 27/1/20	10	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1; ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 2;	640,00 €
12		Καθορισμός σημείων	1 ημέρα;	Παρ. 17/1/20	Παρ. 17/1/20	1;2	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 2	40,00 €
13		Τοποθέτηση συστήματος στήριξης	2 ημέρες	Δευτ. 20/1/20	Τρί. 21/1/20	12;14	ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗ	25.000,00 €
14		Πασσαλόμπηξη	1 ημέρα	Σάβ. 18/1/20	Σάβ. 18/1/20	12	ΠΑΣΣΑΛΟΜΠΗΞΗ ;	720,00 €
15		Εξοπλισμός οικίσκου	1 ημέρα	Πέμ. 23/1/20	Πέμ. 23/1/20	7	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1;	160,00 €
16		Σύνδεση ηλεκτρολογικών πινάκων	2 ημέρες	Πέμ. 23/1/20	Παρ. 24/1/20	7	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 3;	320,00 €
17		Δοκιμές ορθής λειτουργίας	1 ημέρα	Σάβ. 25/1/20	Σάβ. 25/1/20	16;10;15	ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑ	0,00 €
18		Προσωρινή σύνδεση	7 ημέρες	Δευτ. 27/1/20	Δευτ. 3/2/20	17	ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑ	0,00 €

Εικόνα 33: Συμπληρωμένο διάγραμμα Gantt

Κάνοντας μεγέθυνση και παρατηρώντας το διάγραμμα gantt βλέπουμε αμέσως να εμφανίζονται παραπάνω πληροφορίες.



Εικόνα 34: Διάγραμμα Gantt σε μεγέθυνση

Σε αυτή τη φάση του σχεδιασμού έχοντας ολοκληρώσει τον χρονικό προγραμματισμό και τη δημιουργία και ανάθεση πόρων, έχουμε τα στατιστικά στοιχεία του έργου που αφορούν διάρκεια, έναρξη και λήξη.

Στατιστικά στοιχεία έργου για 'Έργο1'

	Έναρξη	Λήξη
Τρέχουσα τιμή	Δευτ. 13/1/20	Δευτ. 31/8/20
Γραμμή βάσης	Δευτ. 13/1/20	Δευτ. 31/8/20
Πραγματική τιμή	Δ/Υ	Δ/Υ
Διακύμανση	0 ημέρες	0 ημέρες

	Διάρκεια	Εργασία	Κόστος
Τρέχουσα τιμή	199 ημέρες;	512 ώρ.	215.576,72 €
Γραμμή βάσης	199 ημέρες	512 ώρ.	215.576,72 €
Πραγματική τιμή	0 ημέρες	0 ώρ.	0,00 €
Υπόλοιπο	199 ημέρες;	512 ώρ.	215.576,72 €

Ποσοστό ολοκλήρωσης:

Διάρκεια: 0% Εργασία: 0%

Κλείσιμο

Εικόνα 35: Στατιστικά στοιχεία έργου

ΦΥΛΛΟ ΠΟΡΩΝ

	Όνομα πόρου	Τύπος	Ετικέτα υλικού	Αρχικά	Ομάδα	Μεγ. μονάδες	Τυπ. χρέωση	Χρέωση υ/ρωριών	Κόστος/Χ	Προσαύ σε	Ημερολόγιο βάσης	Κωδικός	Προσθήκη νέας στήλη
1	ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	Εργασία		ΡΜ		100%	0,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	1.800,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ		
2	**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 1**	**Εργασία**		**Η1**		**0%**	**5,00 €/ωρ**	**0,00 €/ωρ**	**0,00 €**	**Προεκτίμη**	**Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ**		
3	**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 2**	**Εργασία**		**Η2**		**100%**	**5,00 €/ωρ**	**0,00 €/ωρ**	**0,00 €**	**Προεκτίμη**	**Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ**		
4	**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 3**	**Εργασία**		**Η3**		**100%**	**5,00 €/ωρ**	**0,00 €/ωρ**	**0,00 €**	**Προεκτίμη**	**Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ**		
5	**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ 4**	**Εργασία**		**Η4**		**100%**	**5,00 €/ωρ**	**0,00 €/ωρ**	**0,00 €**	**Προεκτίμη**	**Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ**		
6	ΠΑΝΕΛ	Υλικό		ΠΑΝΕΛ			120.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
7	INVERTER	Υλικό		Ι			22.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
8	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤ. ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	Εργασία		Η		100%	50,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ		
9	ΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤ. ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	Υλικό		Υ			2.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
10	ΠΕΙΦΡΑΞΗ ΥΛΙΚΑ	Υλικό		Π			3.950,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
11	ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	Εργασία		Π		100%	64,80 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ		
12	ΠΑΣΣΑΛΟΜΠΗΞΗ	Εργασία		Π		100%	175,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ		
13	ΥΛΙΚΑ	Υλικό		Υ			15.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
14	ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ	Εργασία		ΜΕ		100%	0,00 €/ωρ	0,00 €/ωρ	500,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ		
15	ΟΙΚΙΣΚΟΣ	Υλικό		Ο			35.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
16	ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	Υλικό		Σ			25.000,00 €		0,00 €	Προεκτίμη			
17	ΕΡΓΑΤΗΣ ΕΞΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	Εργασία		Ε		100%	35,62 €/ωρ	0,00 €/ωρ	0,00 €	Προεκτίμη	Ημερολόγιο έργου ΑΠΕ		

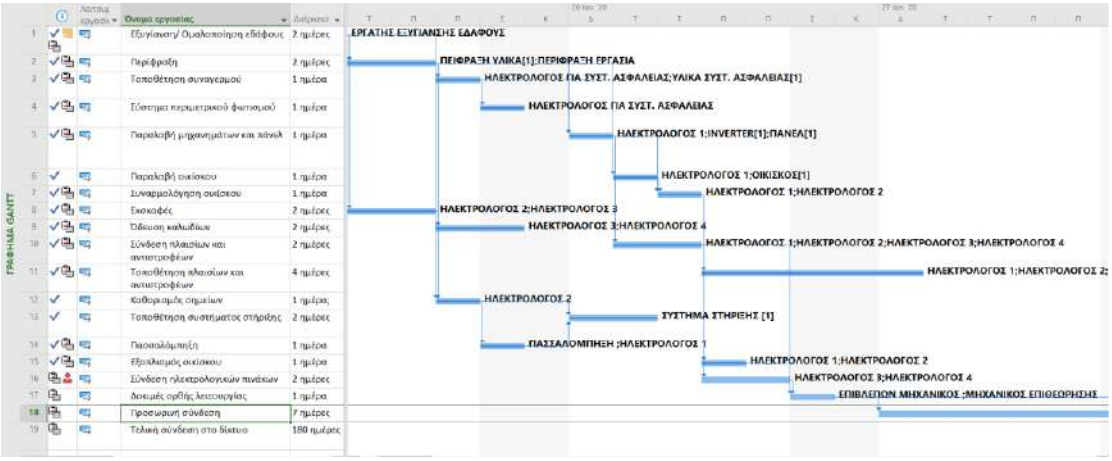
Εικόνα 36: Πόροι σε υπερφόρτωση

Η κόκκινη γραφή στις γραμμές των πόρων υποδηλώνει ότι οι ηλεκτρολόγοι σαν εργάτες υπερφορτώνονται. Αυτό ακριβώς υποδηλώνεται και στο μήνυμα της στήλης πληροφοριών.

Κεφάλαιο 5

Επισκόπηση και αναφορές

Για να μπορέσει να γίνει μια σωστή παρακολούθηση των διαδικασιών και της πορείας του έργου, θα πρέπει να υπάρχει και έλεγχος. Η διαδικασία του ελέγχου είναι πολύ σημαντική διότι μας επιτρέπει να προλάβουμε λάθη και αντίστοιχα να διορθώσουμε αυτά που έχουν ήδη γίνει. Αξίζει να σημειωθεί ότι όπου υπάρχει προγραμματισμός, υπάρχει και έλεγχος για τη διασφάλιση της τήρησης των διαδικασιών.



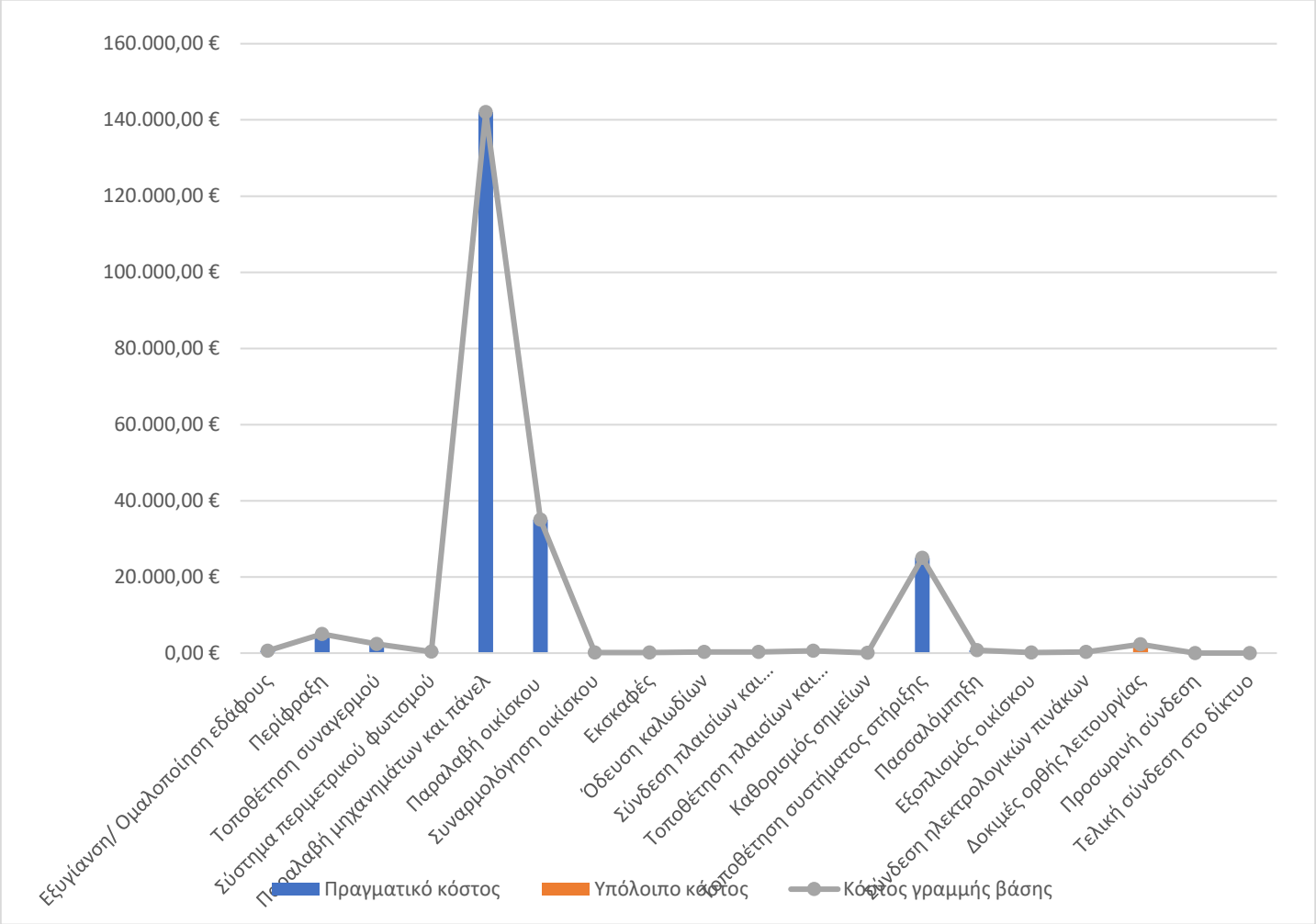
Εικόνα 37: Έλεγχος έργου

Ως ημερομηνία ελέγχου ορίζεται η **23/01/2020** όπου θα έχει ολοκληρωθεί το **84%** των εργασιών. Όπως βλέπουμε και στην παραπάνω εικόνα, έχει προστεθεί το σύμβολο της ολοκλήρωσης στην αριστερή στήλη όσων διαδικασιών έχουν ολοκληρωθεί μέχρι την καθορισμένη ημερομηνία ελέγχου.

Η παρακολούθηση και οι αναφορές που θα δούμε παρακάτω έχουν γίνει μέσω της καρτέλας «Αναφορά» και προβολή αναφορών.

Επισκόπηση κόστους εργασίας

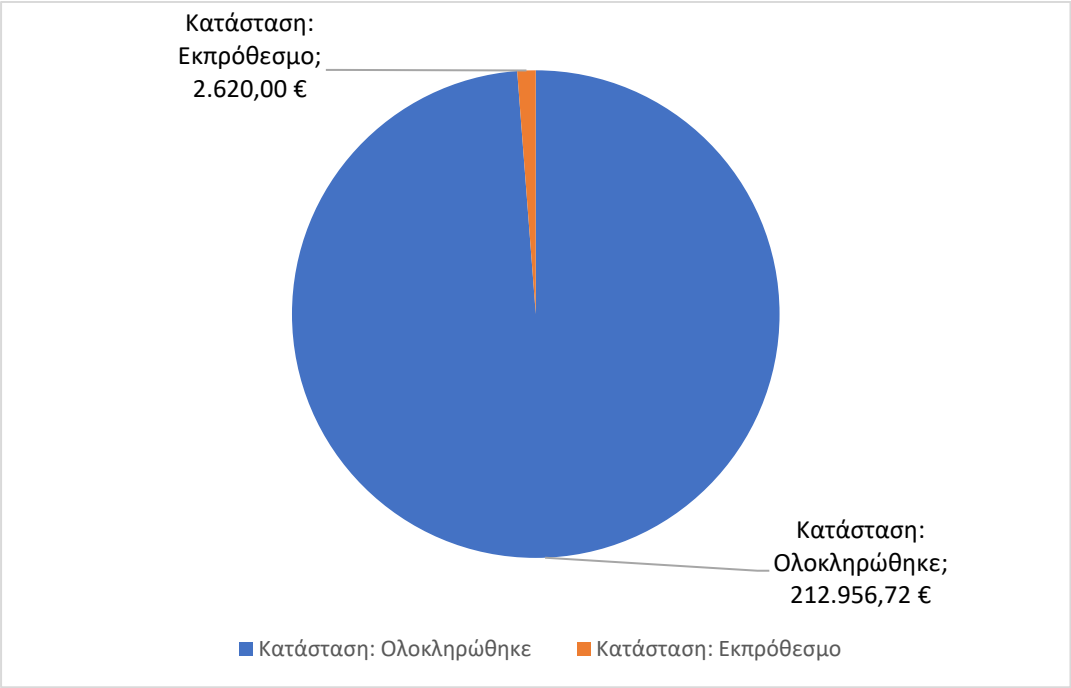
Κατάσταση κόστους



Εικόνα 38: Κατάσταση κόστους

Γράφημα κατανομής κόστους

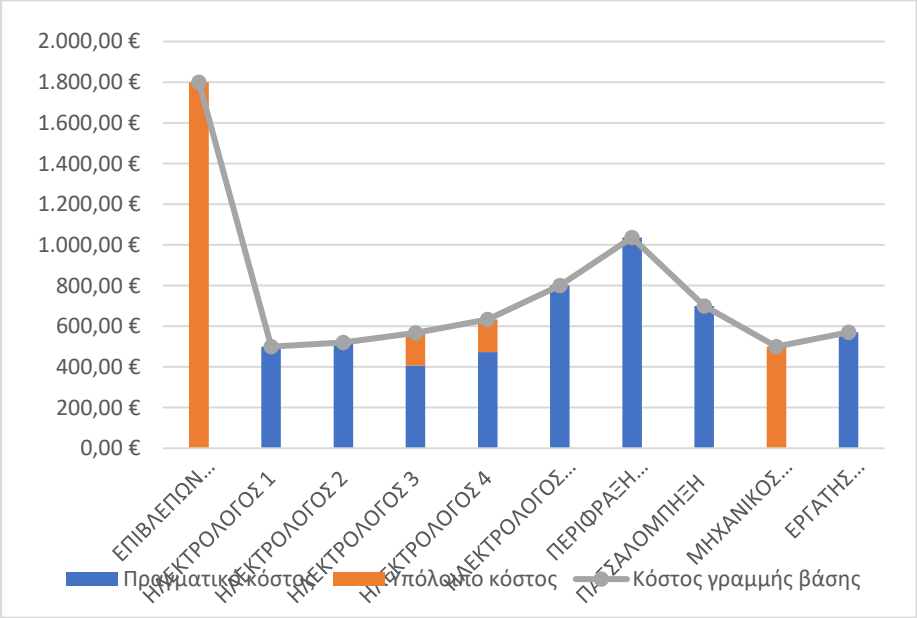
Πώς κατανέμεται το κόστος μεταξύ εργασιών με βάση την κατάστασή τους.



Εικόνα 39: Κατανομή κόστους

<u>Επισκόπηση κόστους πόρων</u>

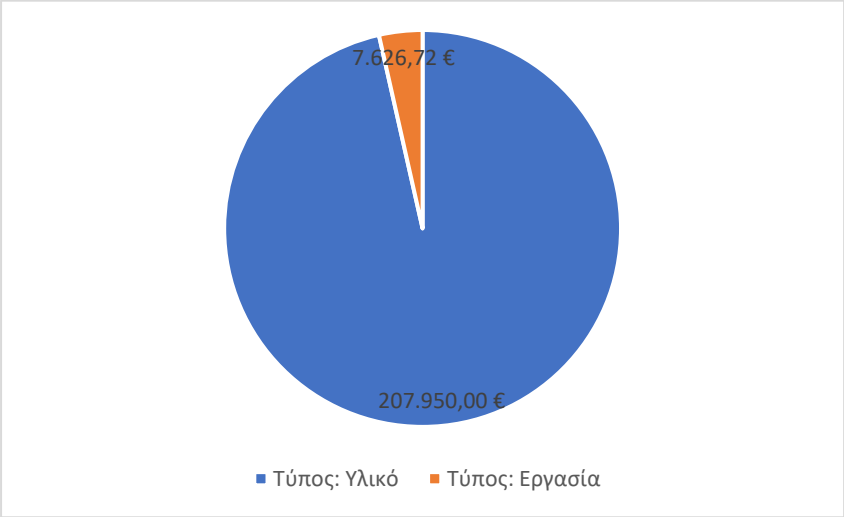
Κατάσταση κόστους για πόρους εργασίας.



Εικόνα 40: Κατάσταση κόστους για πόρους εργασίας

Κατανομή κόστους

Πώς κατανέμεται το κόστος μεταξύ των διαφορετικών τύπων πόρων.

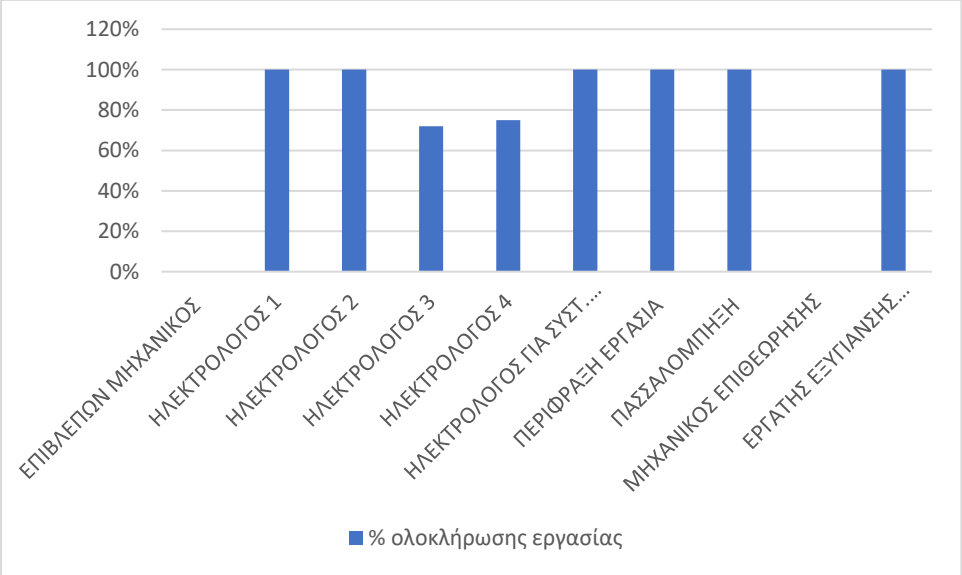


Εικόνα 41: Κατανομή κόστους

Επισκόπηση πόρων

Κατάσταση πόρων

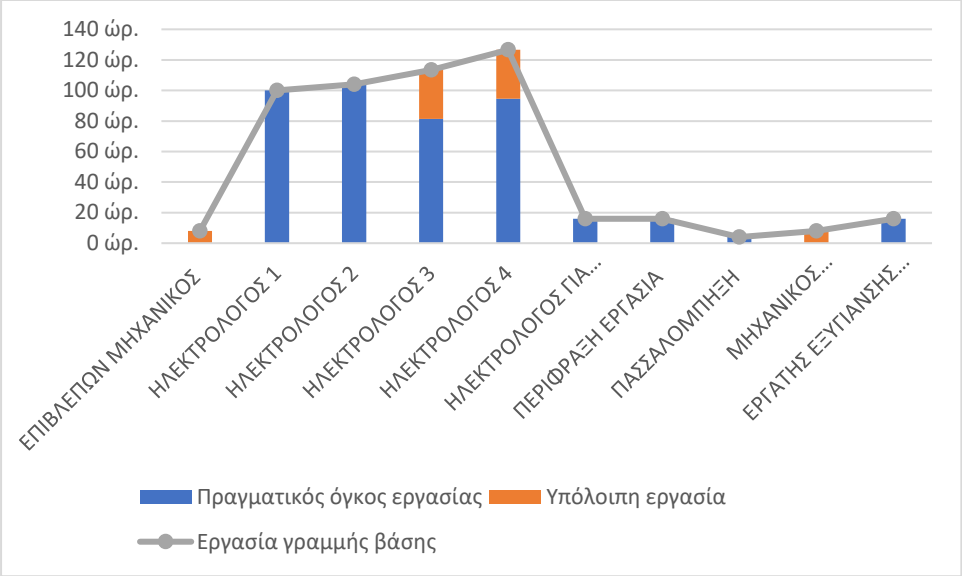
Δηλώνει το ποσοστό της εργασίας που εκτελέστηκε από όλους τους πόρους εργασίας.



Εικόνα 42: Κατάσταση ανθρώπινων πόρων

Στατιστικά στοιχεία πόρων

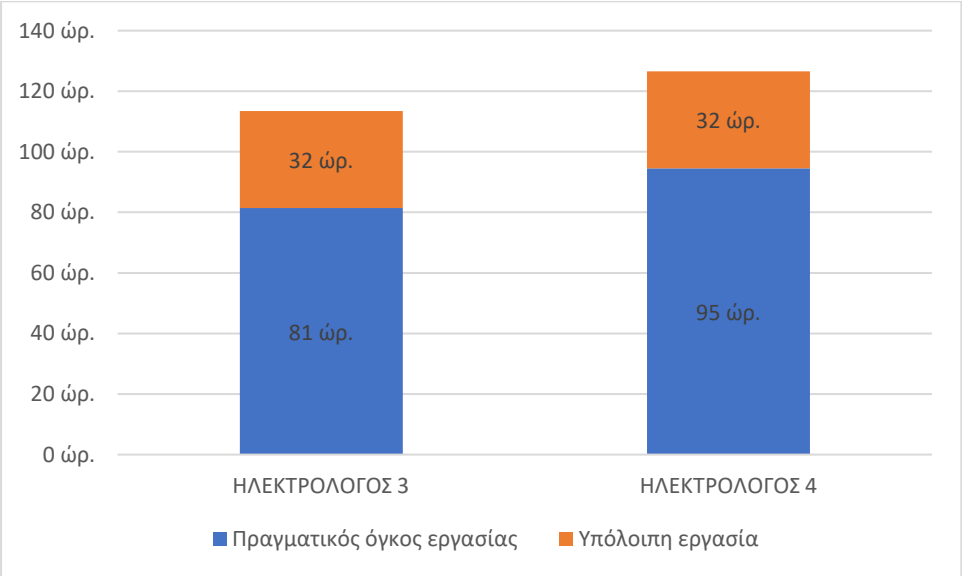
Κατάσταση όγκου εργασίας για όλους τους πόρους εργασίας.



Εικόνα 43: Κατάσταση όγκου εργασίας

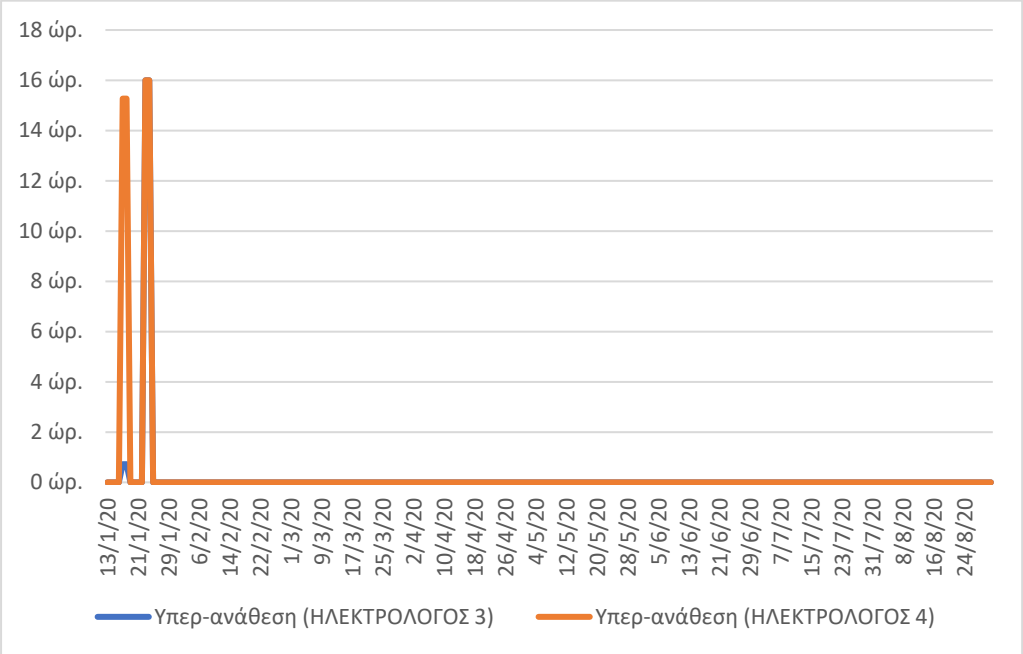
Πόροι με υπέρ-ανάθεση

Κατάσταση εργασίας



Εικόνα 44: Κατάσταση υπερφορτωμένων πόρων

Υπέρ-ανάθεση



Εικόνα 45: Πόροι με υπερ-ανάθεση

Σε αυτό το διάγραμμα εμφανίζονται οι πόροι οι οποίοι έχουν υπερφορτωθεί. Στην συγκεκριμένη περίπτωση οι πόροι αυτοί είναι ο «ηλεκτρολόγος 3» και ο «ηλεκτρολόγος 4». Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι έχουν συμμετάσχει σε αρκετές δραστηριότητες έχοντας υπερβεί τις επιτρεπόμενες ώρες εργασίας.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα

Η χρήση ενός προγράμματος διαχείρισης και επίβλεψης για την οικονομική και χρονική διαχείριση του έργου, κρίνεται απαραίτητη για κάποιον εργολάβο, ο οποίος έχει να διαχειριστεί παράλληλα, πολλά και διαφορετικά έργα. Οι διαθέσιμοι πόροι, μπορούν με τη δυνατότητα του προγραμματισμού να αξιοποιηθούν κατάλληλα. Η συνολική απεικόνιση κάθε έργου, με τις επιμέρους δραστηριότητες, αποτελούν εργαλείο επικοινωνίας μεταξύ των διαφορετικών ανθρώπων και συνεργείων καθώς και του επιβλέποντα μηχανικού, ώστε να μεριμνήσει για την ολοκλήρωση του έργου με το σωστότερο χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό.

Κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης λογισμικού είναι η ευκολία στην αποτύπωση του έργου καθώς κάνει πιο εύκολο τον έλεγχο για τη σωστή διενέργεια των δραστηριοτήτων. Παράλληλα, είναι και ένας τρόπος εύρεσης των αποκλίσεων όσον αφορά τον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό.

Επίσης, έχοντας ο εργολάβος την πλήρη εικόνα του έργου καθ’ όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, υπάρχει η δυνατότητα της σωστής αναπροσαρμογής είτε των στόχων είτε της διαθεσιμότητας των πόρων.

Συνοψίζοντας, μέσω του MS Project δίνεται στον εργολάβο η ευκαιρία να ελέγχει ανά πάσα στιγμή ότι έχει να κάνει με τα έργα του και να τα αναπροσαρμόζει δημιουργώντας καινούρια δεδομένα και επιλύοντας τυχόν προβλήματα.

Βιβλιογραφία

[1] "Construction Project Management - S. Keoki Sears, Glenn A. Sears, Richard H. Clough, Jerald L. Rounds, Robert O. Segner - Google Libros." https://books.google.gr/books?hl=es&lr=&id=Q__9BQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=project+management&ots=Yo3wfs3Rxe&sig=lWLa0rt9psGS2vjTqQ9oSium7fY&redir_esc=y#v=onepage&q=project%20management&f=false (accessed Feb. 27, 2022).

[2] M. M. de Carvalho, L. A. Patah, and D. de Souza Bido, "Project management and its effects on project success: Cross-country and cross-industry comparisons," *International Journal of Project Management*, vol. 33, no. 7, pp. 1509–1522, Oct. 2015, doi: 10.1016/J.IJPROMAN.2015.04.004.

[3] R. Erne, "What Is the Meaning and Use of Project Management?," *Lean Project Management - How to Apply Lean Thinking to Project Management*, pp. 7–53, 2022, doi: 10.1007/978-3-658-35572-2_2.

[4] C. Besner and B. Hobbs, "The Perceived Value and Potential Contribution of Project Management Practices to Project Success," *Project Management Journal*, vol. 37, no. 3, pp. 37–48, Aug. 2006, doi: 10.1177/875697280603700305.

[5] Δ. Ανάλυση, Έ. Χρονικός, and Π. Έργων, "ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ".

[6] Ε. Αντωνίου, "Σχολή Μηχανικής και Τεχνολογίας Μεταπτυχιακή διατριβή ΧΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΣΤΗΝ ΛΕΜΕΣΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΤΗΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ ΤΟΥ COVID-19".

[7] C. Labuschagne and A. C. Brent, "Sustainable Project Life Cycle Management: The need to integrate life cycles in the manufacturing sector," *International Journal of Project Management*, vol. 23, no. 2, pp. 159–168, Feb. 2005, doi: 10.1016/J.IJPROMAN.2004.06.003.

[8] P. Patanakul, B. Iewwongcharoen, and D. Milosevic, "An empirical study on the use of project management tools and techniques across project life-cycle and their impact on project success," *Journal of General Management*, vol. 36, no. 1, pp. 41–65, 2010, doi: 10.1177/030630701003500304.

[9] “The Project Management Life Cycle: A Complete Step-by-step Methodology for ... - Jason Westland - Google Libros.” https://books.google.gr/books?hl=es&lr=&id=Jb03AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=project+management+life+cycle+phases&ots=66cdEG3yeq&sig=C4ylpcmYKUlMpUS-18b8sx4WAro&redir_esc=y#v=onepage&q=project%20management%20life%20cycle%20phases&f=false (accessed Feb. 27, 2022).

[10] M. I. Cheng, A. R. J. Dainty, and D. R. Moore, “What makes a good project manager?,” *Human Resource Management Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 25–37, 2005, doi: 10.1111/J.1748-8583.2005.TB00138.X.

[11] “Managing project construction: Roles and responsibilities of the PM - ProQuest.” https://www.proquest.com/openview/5a68e2dfc768e75d80e7e5ca72f8393c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=49080 (accessed Feb. 27, 2022).

[12] C. Nocito and V. Koncar, “Flexible photovoltaic cells embedded into textile structures,” *Smart Textiles and Their Applications*, pp. 401–422, May 2016, doi: 10.1016/B978-0-08-100574-3.00018-7.

[13] T. Ma, H. Yang, and L. Lu, “Solar photovoltaic system modeling and performance prediction,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 36, pp. 304–315, Aug. 2014, doi: 10.1016/J.RSER.2014.04.057.

[14] N. M. Pearsall, “Introduction to photovoltaic system performance,” *The Performance of Photovoltaic (PV) Systems: Modelling, Measurement and Assessment*, pp. 1–19, 2017, doi: 10.1016/B978-1-78242-336-2.00001-X.

[15] P. Ooshaksaraei, K. Sopian, R. Zulkifli, M. A. Alghoul, and S. H. Zaidi, “Characterization of a Bifacial Photovoltaic Panel Integrated with External Diffuse and Semimirror Type Reflectors,” *International Journal of Photoenergy*, vol. 2013, 2013, doi: 10.1155/2013/465837.

[16] M. R. Khan, A. Hanna, X. Sun, and M. A. Alam, “Vertical bifacial solar farms: Physics, design, and global optimization,” *Applied Energy*, vol. 206, pp. 240–248, Nov. 2017, doi: 10.1016/J.APENERGY.2017.08.042.

[17] “String Inverters vs. Power Optimizers vs. Microinverters | EnergySage.” https://news.energysage.com/string-inverters-power-optimizers-microinverters-compared/ (accessed Mar. 19, 2022).

[18] “Solar Integration: Inverters and Grid Services Basics | Department of Energy.” https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-inverters-and-grid-services-basics (accessed Mar. 19, 2022).

[19] M. G. Kratzenberg, E. M. Deschamps, L. Nascimento, R. Rüther, and H. H. Zürn, “Optimal photovoltaic inverter sizing considering different climate conditions and energy prices,” *Energy Procedia*, vol. 57, pp. 226–234, 2014, doi: 10.1016/J.EGYPRO.2014.10.027.

[20] A. Gupta, Y. K. Chauhan, and R. K. Pachauri, “A comparative investigation of maximum power point tracking methods for solar PV system,” *Solar Energy*, vol. 136, pp. 236–253, Oct. 2016, doi: 10.1016/J.SOLENER.2016.07.001.

[21] N. A. Kelly and T. L. Gibson, “Improved photovoltaic energy output for cloudy conditions with a solar tracking system,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 11, pp. 2092–2102, Nov. 2009, doi: 10.1016/J.SOLENER.2009.08.009.