



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Π.

«Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2η Κατεύθυνση Σπουδών

"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ"

**«ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ»**

«ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΡΓΩΝ Α.Π.Ε.: ΜΕΛΕΤΗ  
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ  
Ο.Τ.Α.»

Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα

Πολιτικός Μηχανικός, Α.Π.Θ.

Επιβλέπουσα: Δημοπούλου Έφη

Καθηγήτρια, Ε.Μ.Π

Μέτσοβο, Φεβρουάριος 2019

© Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2019

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΜΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΜΠ όπου εκπονήθηκε.



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Π.

«Περιβάλλον και Ανάπτυξη»

2η Κατεύθυνση Σπουδών

"ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ"

**«ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ»**

«ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΡΓΩΝ Α.Π.Ε.: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ  
ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ Ο.Τ.Α.»

Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα

Πολιτικός Μηχανικός, Α.Π.Θ.

Εξεταστική επιτροπή:

Δημοπούλου Έφη

Δαμίγος Δημήτριος

Φώτης Γεώργιος

Ημερομηνία εξέτασης: Φεβρουάριος 2019



«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

### **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας, η οποία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Διεπιστημονικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν στη διεκπεραίωση της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα Δημοπούλου Έφη, κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας εργασίας και την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της.

Ένα, ιδιαιτέρως, μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Υπ. Διδάκτορα κ. Τολίδη Κωνσταντίνο, για τον χρόνο που αφιέρωσε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της μεταπτυχιακής μου εργασίας, όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος. Τους ευχαριστώ επίσης για τις γνώσεις και συμβουλές που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Για τα πολύτιμα στοιχεία και δεδομένα που μου παρείχε ο Δήμος Ιωαννιτών και που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, την Τοπογράφο Μηχανικό της οικονομικής υπηρεσίας του Δήμου Ιωαννιτών - κα Κωνσταντινίδου Ελένη- και τον Τοπογράφο Μηχανικό του τμήματος Πολεοδομικών Εφαρμογών του Δήμου Ιωαννιτών - κ. Μπαμπασίκα Θεόδωρο -.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να απευθύνω στους γονείς μου Έξαρχο Ιωάννη και Βλάχου Όλγα, και την αδερφή μου Εξάρχου Σοφία, οι οποίοι στήριζαν τις σπουδές μου με κάθε τρόπο και συνεχίζουν να με βοηθούν να εκπληρώσω τους στόχους μου.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση του αποθέματος και του βαθμού καταλληλότητας των διαθέσιμων αγροτεμαχίων στο Δήμο Ιωαννιτών, για την υλοποίηση έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η χωρική επεξεργασία των αρχικών δεδομένων καθώς και η οπτική επισκόπηση των αποτελεσμάτων έγινε με τη συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, μελετώντας ειδικά τη δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση. Στη μελέτη αυτή συγκεκριμένα, για την υποστήριξη λήψης αποφάσεων, παρουσιάζεται η δυνατότητα που παρέχει το μεθοδολογικό εργαλείο της πολυκριτηριακής ανάλυσης με τη χρήση της Αναλυτικής Ιεραρχικής Μεθόδου.

Στο πρώτο μέρος, ορίζεται το πρόβλημα της ανάγκης αύξησης των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Α.Π.Ε. και αναλύεται το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο μέσω του οποίου μπορεί να αναπτυχθεί η δραστηριότητα αυτή από ιδιώτες αλλά και από δημόσιους φορείς. Στη συνέχεια, εισάγεται η έννοια της πολυκριτηριακής ανάλυσης στην προσπάθεια εκτίμησης των καταλληλότερων περιοχών χωροθέτησης και πως μέσω της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου μπορεί να εκτιμηθεί η βέλτιστη χωροθέτηση ΦΒ σταθμών.

Στο τρίτο μέρος γίνεται καθορισμός της περιοχής μελέτης και ανάλυση και καταγραφή των θεσμικών πλαισίων όπως αυτά ισχύουν και καθορίζουν την περιοχή. Μέσω της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου υπολογίζεται ένα σύνολο υποπεριοχών εν γένει κατάλληλων για χωροθέτηση, σύμφωνα με κριτήρια βελτίωσης απόδοσης και ένα σύνολο υποπεριοχών ακατάλληλων για χωροθέτηση σύμφωνα με νομοθετικούς περιορισμούς και άλλα κριτήρια τα οποία υποβαθμίζουν σημαντικά την απόδοση των ΦΒ σταθμών.

Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου και επιλέγεται δημοτική έκταση την οποία υπέδειξε η μέθοδος για χωροθέτηση, όπου αξιολογείται ποιοτικά το αποτέλεσμα σε μελέτη περίπτωσης.

### Λέξεις – Κλειδιά

Χωροθέτηση, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Αναλυτική Ιεραρχική Μέθοδος.



*«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*

## **Abstract**

The purpose of this paper is to evaluate the availability and suitability of the unused fields in the Municipality of Ioannina for the implementation of Renewable Energy Projects. The spatial processing of the original data, as well as the visual overview of the results, were edited with the contribution of Geographical Information Systems (GIS), specifically studying the feasibility of installing a photovoltaic station in a municipal field. In this study, in particular, decision-making, is supported by the potential of the methodological tool of Multi-objective Analysis, using the Analytic Hierarchy Process.

In the first chapter, the paper addresses the problem of the need to increase RES power plants and analyzes the existing legislative framework through which this activity can be developed by both private and public entities. Then, the concept of multicriteria analysis is introduced in an attempt to estimate the most suitable location and how the optimal spatial positioning of PV stations can be estimated through the Analytic Hierarchy Process.

The third section defines the study area and analyzes the institutional frameworks that apply and define the area. The Analytic Hierarchy Process calculates a set of sub-areas generally suitable for using, according to performance improvement criteria, and a set of sub-areas unsuitable for using due to legislative constraints and other criteria that significantly degrade the performance of PV stations.

Finally, the results of the method are presented and a municipal area selected by the applied method is evaluated qualitatively as a case study.

### **Keywords**

Planning, Multi-objective Analysis, Photovoltaic station, Geographic Information Systems, Analytic Hierarchy Process.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	iv
Abstract.....	v
Περιεχόμενα.....	vi
Κατάλογος Εικόνων.....	vii
Κατάλογος Πινάκων .....	ix
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια .....	x
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Ενεργειακές κοινότητες και virtual net-metering .....	3
1.2 Αντικείμενο, στόχος, μεθοδολογία και δομή της εργασίας.....	6
2 Η χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε προβλήματα λήψης απόφασης .....	8
2.1 Μεθοδολογία πολυκριτηριακής ανάλυσης.....	9
2.2 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και ΓΠΣ .....	11
2.3 Η αναλυτική ιεραρχική μέθοδος .....	12
3 Εφαρμογή της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού με χρήση Γεωπληροφοριακών Συστημάτων (GIS) .....	15
3.1 Περιοχή μελέτης – Στόχος .....	15
3.2 Ανάλυση κριτηρίων.....	17
3.3 Υπολογισμός Βαρύτητας κριτηρίων και εφαρμογή σε περιβάλλον GIS .....	34
4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων .....	38
4.1 Χάρτης καταλληλότητας.....	38
4.2 Επιλογή περιοχών χωροθέτησης φωτοβολταϊκών σταθμών για virtual net-metering ..	40
5 Συμπεράσματα, διαπιστώσεις, προοπτικές.....	52
6 Βιβλιογραφία .....	54



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Διάγραμμα ενεργειακού μείγματος 2018 .....	2
Εικόνα 2: Δενδροειδής Δομή Προβλήματος Χωροθέτησης .....	17
Εικόνα 3 Χάρτης κατάλληλων περιοχών βάσει του χάρτη χρήσεων γης CORINE LAND COVER .....	19
Εικόνα 4 Χάρτης ακατάλληλων περιοχών βάσει των κυρωμένων δασικών χαρτών .....	21
Εικόνα 5 Χαρτογράφηση των οικότοπων .....	22
Εικόνα 6 Χάρτης περιοχών NATURA 2000.....	23
Εικόνα 7 Χάρτης κατάλληλων περιοχών βάσει εγγύτητας με το οδικό δίκτυο .....	24
Εικόνα 8 Χάρτης κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με την κλίση του εδάφους .....	25
Εικόνα 9 Χάρτης κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τον προσανατολισμό του εδάφους .....	27
Εικόνα 10 Χάρτης κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τη Ζ.Ο.Ε.....	28
Εικόνα 11 Χάρτης ακατάλληλων περιοχών σύμφωνα με το Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. Μπιζανίου.....	30
Εικόνα 12 Χάρτης Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. Μπιζανίου. ....	30
Εικόνα 13 Χάρτης δηλώσεων Ε.Α.Ε. 2015 .....	31
Εικόνα 14 Χάρτης λοιπών ακατάλληλων περιοχών .....	33
Εικόνα 15 Χάρτης αποτελεσμάτων ΑΗΡ.....	37
Εικόνα 16 Χάρτης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού.....	39
Εικόνα 17 Σχέδιο φωτοβολταϊκού πάνελ.....	41
Εικόνα 18 Χάρτης με δεδομένα δημοτικών εκτάσεων.....	42
Εικόνα 19 Χάρτης καταλληλότητας με υπέρθεση δημοτικών εκτάσεων.....	43
Εικόνα 20 Δημοτική έκταση κατάλληλη για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού.....	44
Εικόνα 21 Δημοτική έκταση κατάλληλη για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού .....	45
Εικόνα 22 Δημοτική έκταση.....	46
Εικόνα 23 Αεροφωτογραφία της υπό εξέταση δημοτικής έκτασης.....	46





*«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*

Εικόνα 24 Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση .....	48
Εικόνα 25 Λιγότερο κατάλληλη δημοτική έκταση για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού .....	49
Εικόνα 26 Αεροφωτογραφία δεύτερης υπό εξέταση δημοτικής έκτασης.....	49
Εικόνα 27 Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση .....	50



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών από το χάρτη CORINE LAND COVER.....	18
Πίνακας 2 Ακατάλληλες περιοχές σύμφωνα με τον κυρωμένο δασικό χάρτη .....	20
Πίνακας 3 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών βάσει εγγύτητας ,ε το οδικό δίκτυο.....	24
Πίνακας 4 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με την κλίση του εδάφους .....	26
Πίνακας 5 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τον προσανατολισμό του εδάφους	26
Πίνακας 6 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τη Ζ.Ο.Ε.....	29
Πίνακας 7 Πίνακας σύγκρισης ζευγών .....	35
Πίνακας 8 Δεδομένα υπολογισμού απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση....	48
Πίνακας 9 Δεδομένα υπολογισμού απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση....	51



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## Συνομογραφίες & Ακρωνύμια

CR	Consistency Ratio
GIS	Geographical Information Systems
MCDA	MultiCriteria Decision Analysis
PV	Photovoltaic
RES	Renewable Energy Sources
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΑΕ	Ενιαία Αίτηση Ενίσχυσης
ΓΠΣ	Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα
ΓΣΠ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
EXM	Ελάχιστης Χωρικής Μονάδας
ZOE	Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου
ΟΠΕΚΕΠΕ	Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων
ΟΤΑ	Οργανισμός Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΠΚΑ	Πολυκριτηριακή Ανάλυση
ΣΧΟΟΑΠ	Σχέδιο Χωρικής και Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης
ΦΒ	Φωτοβολταϊκό
ΧΜΑ	Χωρική Μονάδα Αναφοράς
ΧΠΚΑ	Χωρική Πολυκριτηριακή Ανάλυση



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 1 Εισαγωγή

Με τις Ευρωπαϊκές συμφωνίες του 2015-2016 υπάρχει πλέον μία κοινή ατζέντα για μία αμοιβαία αποδεκτή ανάγκη, την ανάγκη για εισαγωγή κινήτρων παραγωγής «καθαρής» ενέργειας και για συνεπή και οικολογικά υπεύθυνη ενεργειακή πολιτική, που θα εξασφαλίσουν ενεργειακή αυτάρκεια σε ένα ορατό μέλλον. Με δεδομένο ότι η Ελλάδα πληροί τις αναγκαίες συνθήκες για την αξιοποίηση των Φ/Β συστημάτων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας, εξετάζεται η χωροθέτηση φωτοβολταϊκού πάρκου σε μία μελέτη περίπτωσης για το Δήμο Ιωαννιτών, αξιοποιούμενου από ενεργειακούς συνεταιρισμούς που θα συμμετέχουν οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης.

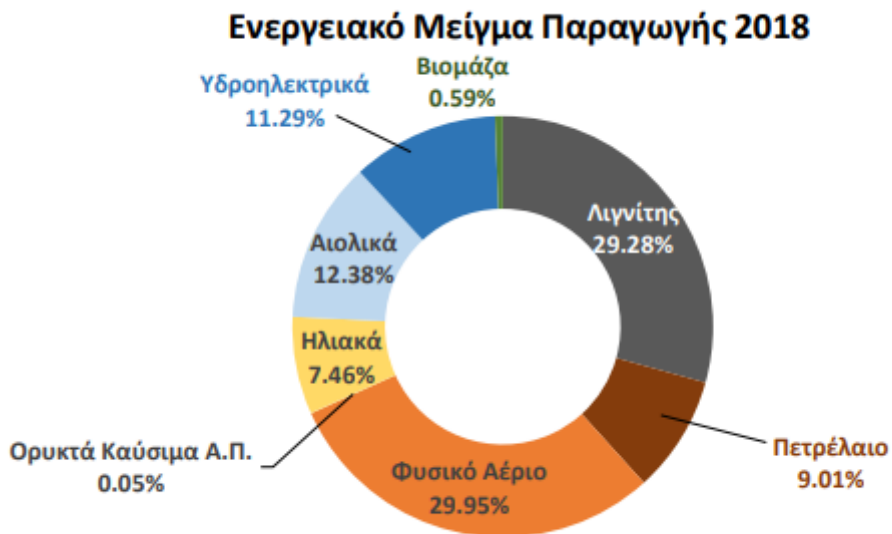
Η ηλιακή ενέργεια είναι μία ήπια, καθαρή και ανανεώσιμη πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία ειδικά για τη χώρα μας παρέχει σε μεγάλο βαθμό ανεξαρτησία και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών διασυνδεδεμένων συστημάτων έως και το 2018 είναι 2665,0 MWp (περίπου το 7,46% των αναγκών της χώρας). Αν και συγκριτικά με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης το ποσοστό αυτό είναι σχετικά ικανοποιητικό, οι πρόσφατες προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, για τους κανόνες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτούν αύξηση αυτού του ποσοστού με ευέλικτη αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μείωση του κόστους της ενέργειας που καταναλώνεται μέσω μηχανισμών αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης.

Η διατύπωση ότι το μονοπωλιακό μοντέλο στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας έχει αρχίσει να φθίνει, έγινε από τις αρχές του 1980, κυρίως λόγω της απαίτησης μείωσης των τιμών και αύξησης της ανταγωνιστικότητας και της διαφάνειας. Συνδυάζοντας αυτές τις μεταβολές της αγοράς με τις αναθεωρήσεις των Ευρωπαϊκών Οδηγιών 2009/28/EC και 2009/72/EC όπως παρουσιάστηκαν στο Clean Energy Package για τους στόχους του 2030, θεσπίστηκαν πλέον και στη χώρα μας τα κατάλληλα νομοθετικά εργαλεία και οι απαραίτητοι ανεξάρτητοι ρυθμιστές για την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι νέες αυτές διατάξεις στοχεύουν στη δημιουργία ενός σταθερού κανονιστικού πλαισίου για διαφανή και ίση πρόσβαση των χρηστών στην αγορά ενέργειας, συμμετρική πληροφόρηση, διαχωρισμό των δικτύων μεταφοράς και διανομής από τις δραστηριότητες παραγωγής και προμήθειας και συμμετοχή σε μία ενιαία ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρισμού.



«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 1 Διάγραμμα ενεργειακού μείγματος 2018

Η κάλυψη της ζήτησης, των απωλειών και της εφεδρείας σε ηλεκτρική ενέργεια στη χώρα μας γίνεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιώντας ορυκτά καύσιμα, αφενός λόγω των υφιστάμενων μονάδων παραγωγής και αφετέρου λόγω της μορφολογίας του δικτύου της χώρας κυρίως στις νησιωτικές περιοχές. Παράλληλα λόγω της έντονης τουριστικής δραστηριότητας σχεδόν σε ολόκληρη την επικράτεια της χώρας, η ζήτηση αυτή παρουσιάζει σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ανάγκη για αυξημένη αξιοπιστία και για δημιουργία συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμών για τα δίκτυα διανομής. Έτσι, προς όφελος τόσο των τελικών χρηστών, όσο και των διαχειριστών του συστήματος, είναι αναγκαίο να εξεταστούν λύσεις εγκαταστάσεων διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τοπικές νησίδες, που θα εξυπηρετούν τοπικούς χρήστες αλλά και θα αποτελούν εναλλακτική μέθοδο επέκτασης του δικτύου.

Το ενεργειακό σύστημα του μέλλοντος χαρακτηρίζεται από καταναλωτές οι οποίοι θα παράγουν μόνοι τους την ενέργειά τους και θα αντισταθμίζουν τυχόν πλεόνασμα ή έλλειμμα μέσω της εμπορικής συναλλαγής με άλλους παραγωγούς-καταναλωτές με τους οποίους θα συναποτελούν μια κοινότητα. (Παπαγιάννης, 2017) Βασικό στοιχείο του νέου ενεργειακού συστήματος είναι η έννοια των «παραγωγών-καταναλωτών» (prosumers) -δηλαδή παραγωγών (producers) και καταναλωτών (consumers) ταυτόχρονα- οι οποία θα παράγουν αποκεντρωμένα ενέργεια την



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

οποία, είτε θα χρησιμοποιούν άμεσα, ή θα την εμπορεύονται στην κοινότητα που ανήκουν. Σε χρονικά διαστήματα ελλείματος ή κοινότητα θα απευθύνεται σε άλλες κοινότητες παραγωγών-καταναλωτών ή σε εταιρείες παροχής ενέργειας, όπως αντίστοιχα και σε χρονικές περιόδους πλεονάσματος.

### 1.1 Ενεργειακές κοινότητες και virtual net-metering

«Η Ενεργειακή Κοινότητα (Ε.Κοιν.) είναι αστικός συνεταιρισμός αποκλειστικού σκοπού με στόχο την προώθηση της κοινωνικής και αλληλέγγυας οικονομίας και καινοτομίας στον ενεργειακό τομέα, την αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας και την προαγωγή της ενεργειακής αειφορίας, την παραγωγή, αποθήκευση, ιδιοκατανάλωση, διανομή και προμήθεια ενέργειας καθώς και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην τελική χρήση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο. »

Στόχος των ενεργειακών κοινοτήτων είναι το οικονομικό όφελος μέσω της δραστηριοποίησης στους τομείς ορθής παραγωγής και χρήσης ενέργειας, βιώσιμης μεταφοράς ενέργειας και διαχείρισης της παραγωγής, της ζήτησης, της διανομής και της προμήθειας ενέργειας σε τοπικό ή και περιφερειακό επίπεδο. Συγκεκριμένα, οι ενεργειακές κοινότητες σύμφωνα με τον Ν. 4513/2018 «Ενεργειακές κοινότητες και άλλες διατάξεις» όπως ισχύει, αποτελούνται από φυσικά πρόσωπα, νομικά πρόσωπα ιδιωτικού και δημοσίου δικαίου και Ο.Τ.Α., έχουν κερδοσκοπικό ή μη χαρακτήρα και έχουν ως αντικείμενο δραστηριότητας:

- Παραγωγή, αποθήκευση, ιδιοκατανάλωση ή πώληση ηλεκτρικής ή θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από σταθμούς Α.Π.Ε. και Σ.Η.Θ.Υ.Α. εγκατεστημένους εντός της περιφέρειας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.
- Διαχείριση (συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία, αποθήκευση, διάθεση) πρώτης ύλης για την παραγωγή ηλεκτρικής ή θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από βιομάζα ή βιορευστά ή βιοαέριο ή μέσω ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποικοδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων.
- Προμήθεια για τα μέλη της ενεργειακών προϊόντων, συσκευών, εγκαταστάσεων, με στόχο τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και της χρήσης συμβατικών καυσίμων, καθώς και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Προμήθεια για τα μέλη της ηλεκτροκίνητων οχημάτων (υβριδικών ή μη) και οχημάτων με καύση φυσικού αερίου, υγραερίου ή βιοαερίου.
- Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας εντός της περιφερειακής ενότητας που βρίσκεται η έδρα της ή εντός όμορης περιφερειακής ενότητας ή διανομή θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

- Προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας ή φυσικού αερίου προς Τελικούς Πελάτες εντός της περιφερειακής ενότητας που βρίσκεται η έδρα της ή εντός όμορης περιφερειακής ενότητας.
- Διαχείριση της ζήτησης για τη μείωση της τελικής χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ανάπτυξη, διαχείριση και εκμετάλλευση σταθμών φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων και σημείων ανεφοδιασμού με συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), υγραέριο ή βιοαέριο ή διαχείριση μέσω βιώσιμων μεταφορών εντός της περιφερειακής ενότητας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.
- Εγκατάσταση και λειτουργία μονάδων αφαλάτωσης νερού με χρήση Α.Π.Ε. εντός της περιφερειακής ενότητας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.
- Προσέλκυση κεφαλαίων για την πραγματοποίηση επενδύσεων αξιοποίησης των Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης εντός της περιφερειακής ενότητας που βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν.
- Σύνταξη τεχνικοοικονομικών μελετών αξιοποίησης των Α.Π.Ε. ή της Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή υλοποίησης παρεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ή παροχή στα μέλη της τεχνικής υποστήριξης στους ανωτέρω τομείς.
- Διαχείριση ή συμμετοχή σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τους σκοπούς της.
- Παροχή συμβουλών για τη διαχείριση ή συμμετοχή των μελών της σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τους σκοπούς της.
- Παροχή ενεργειακών υπηρεσιών.
- Ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο για θέματα ενεργειακής αειφορίας.
- Δράσεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής ένδειας σε ευάλωτους καταναλωτές ή πολίτες κάτω από τα όρια της φτώχειας, ανεξάρτητα αν είναι μέλη της ενεργειακής κοινότητας, όπως ενδεικτικά παροχή ή συμψηφισμός ενέργειας, ενεργειακή αναβάθμιση κατοικιών ή άλλα μέτρα που μειώνουν την κατανάλωση της ενέργειας στις κατοικίες των πολιτών αυτών.

«Οι ενεργειακοί συνεταιρισμοί, συμπυκνώνουν με μοναδικό τρόπο, την αλληλεπίδραση του οικολογικού και ενεργειακού προβληματισμού με την κοινωνική αλληλέγγυα οικονομία, επιδιώκοντας τη συνεργασία για μια μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προωθώντας ένα αποκεντρωμένο μοντέλο παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.» (Παπαγιάννης, 2017)

Οι αποκεντρωμένη παραγωγή και η ανεξαρτησία του νέου ενεργειακού αυτού συστήματος γίνεται ακόμα περισσότερο αντιληπτή όταν εισάγουμε τους όρους του συμψηφισμού, όπως ορίστηκαν και ισχύουν από την απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 «Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρο 11 του ν. 4513/2018.»

**Ενεργειακός συμψηφισμός:** Ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στην εγκατάσταση κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού. Αφορά σε σταθμό παραγωγής ο οποίος εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο δίκτυο διανομής μέσω της αυτής παροχής.

**Εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός:** Ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στις εγκαταστάσεις κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού (παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό), εκ των οποίων τουλάχιστον η μία είτε δεν βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο με το σταθμό παραγωγής ή βρίσκεται στον ίδιο ή όμορο χώρο αλλά δεν συνδέεται ηλεκτρικά με την εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση του σταθμού παραγωγής, δηλαδή ο σταθμός παραγωγής και η εγκατάσταση κατανάλωσης τροφοδοτούνται από διαφορετικές παροχές. Στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, αφορά σε σταθμό παραγωγής ο οποίος εγκαθίσταται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα και συνδέεται στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης με τις οποίες αντιστοιχίζεται. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, ο σταθμός παραγωγής θα εγκαθίσταται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα, και θα συνδέεται στο ίδιο ηλεκτρικό σύστημα και στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης με τις οποίες αντιστοιχίζεται. Τόσο η παροχή του σταθμού παραγωγής όσο και οι αντίστοιχες παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό θα πρέπει να είναι επ' ονόματι του ίδιου φυσικού ή νομικού προσώπου και να εκπροσωπούνται υποχρεωτικά από τον ίδιο προμηθευτή.

**Εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός από Ε. Κοιν.:** Ο συμψηφισμός της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας από σταθμό παραγωγής της Ε. Κοιν. με τη συνολική καταναλωθείσα ηλεκτρική ενέργεια σε εγκαταστάσεις καταναλωτών με δικαίωμα ένταξης στον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 6 της παρούσας. Ο σταθμός παραγωγής εγκαθίσταται εντός της Περιφέρειας, στην οποία βρίσκεται η έδρα της Ε. Κοιν. Στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, ο σταθμός παραγωγής και οι εγκαταστάσεις κατανάλωσης (παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό) βρίσκονται στην ίδια Περιφέρεια και συνδέονται στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή. Στα μη Διασυνδεδεμένα Νησιά ο σταθμός παραγωγής εγκαθίσταται στο ίδιο ηλεκτρικό σύστημα και στο ίδιο δίκτυο διανομής με τις





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

εγκαταστάσεις κατανάλωσης, εντός της Περιφέρειας στην οποία βρίσκεται η έδρα της Ε. Κοιν. Ειδικά για Ε. Κοιν. με έδρα εντός της Περιφέρειας Αττικής ο σταθμός παραγωγής επιτρέπεται να εγκαθίσταται εντός όμορης Περιφέρειας, υπό την προϋπόθεση ότι συνδέεται στο Διασυνδεδεμένο Δίκτυο. Τόσο η παροχή του σταθμού παραγωγής όσο και οι αντίστοιχες παροχές κατανάλωσης προς συμψηφισμό θα πρέπει να εκπροσωπούνται υποχρεωτικά από τον ίδιο προμηθευτή.

Έχοντας υπόψη και λοιπές διατάξεις, συμπληρώσεις και τροποποιήσεις από τα σχετικά πλαίσια Ν. 3463/2006, Ν. 3468/2006, Ν.4001/2011, Ν.4067/2012, Ν.4178/2013, Ν.4203/2013 και Ν. 4414/2016, φαίνεται ότι πλέον έχουν τεθεί οι βάσεις για την δυνατότητα ανάμειξης των πολιτών, έστω σε τοπικό επίπεδο, για τη διαμόρφωση της λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

## 1.2 Αντικείμενο, στόχος, μεθοδολογία και δομή της εργασίας

Η διαχείριση των χρήσεων γης, από όποια πλευρά και αν εξετάζεται (τεχνική, κανονιστική, οικονομική κλπ.) είναι ένας πολυσχιδής τομέας, που απαιτεί στρατηγικό σχεδιασμό και συνθέτει εξ ορισμού ένα πολυκριτηριακό πρόβλημα λήψης αποφάσεων. Ειδικά, εξετάζοντας μία χρήση όπως αυτή της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, εκτός από τα θεσμικά πλαίσια που διέπουν τις χρήσεις της κάθε περιοχής, πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλα κριτήρια, όπως περιβαλλοντικές παράμετροι και η επιδιωκόμενη βιωσιμότητα του έργου.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, η παρούσα διπλωματική έχει ως αντικείμενο να προσδιορίσει τα απολύτως κατάλληλα γήπεδα, με διαβαθμισμένη καταλληλότητα, για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 500kW εντός του Δήμου Ιωαννιτών. Στην κατεύθυνση αυτή, επιλέγεται η χρήση της μεθόδου της πολυκριτηριακής ανάλυσης, για την υποστήριξη λήψης απόφασης, προσδιορίζοντας τον στόχο και αναλύοντας, τόσο πλαίσια που εμποδίζουν τη χωροθέτηση της χρήσης, όσο και κριτήρια που σχετίζονται άμεσα με την αύξηση της απόδοσης του έργου.

Δεδομένου ότι η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης εμπεριέχει σε σημαντικό βαθμό εκτιμήσεις του ερευνητή, η αποτελεσματικότητα της ανάλυσης αξιολογείται βάσει των αποδόσεων σε δύο δείγματα γηπέδων με διαφορετική αξιολόγηση καταλληλότητας.



*«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*

Τέλος, υπό το φως των νέων κανονισμών για τις ενεργειακές κοινότητες, τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί η βιωσιμότητα ενός ΦΒ σταθμού εγκατεστημένου σε δημοτική έκταση.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 2 Η χρησιμότητα της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε προβλήματα λήψης απόφασης

«Ο κύριος στόχος δεν είναι να ανακαλύψουμε μια λύση αλλά να δημιουργήσουμε ή να κατασκευάσουμε κάτι το οποίο να θεωρείται ικανό να βοηθήσει κάποιον ενδιαφερόμενο να λάβει μέρος στη διαδικασία λήψης της απόφασης, άλλοτε για να διαμορφώσει και άλλοτε για να μεταβάλλει τις προτιμήσεις του ή να αποφασίσει σε συμφωνία με τους τελικούς του στόχους» (Roy, 1996)

Η μέθοδος της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι μία εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας και εφαρμόζεται από τις αρχές του '70 διευκολύνοντας την αναπαράσταση πολυδιάστατων προβλημάτων όπου απαιτούνται πολυάριθμες και αντιφατικές εκτιμήσεις. Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στο να τονίσει αυτές τις συγκρούσεις και να καταλήξει σε ένα αποτέλεσμα συμβιβαστικό μέσω μίας διαφανούς διαδικασίας, επιτρέποντας τη διαφορετική επίδραση των επιμέρους παραγόντων, ακόμα και μη μετρήσιμων, στο τελικό αποτέλεσμα. (Wikipedia, 2019)

Από το '70 και έπειτα, παρουσιάστηκαν δύο βασικές σχολές ανάπτυξης μεθόδων ΠΚΑ: η αμερικανική και η ευρωπαϊκή σχολή. Η πρώτη, βασίζεται σε κριτήρια τα οποία συνδυάζονται, με συγκεκριμένους συντελεστές βαρύτητας, οι οποίοι αποδίδονται από τους λήπτες αποφάσεων. Στη συνέχεια, τα σταθμισμένα κριτήρια αθροίζονται και αποδίδεται μια τελική επίδοση-σκορ για κάθε εναλλακτική επιλογή. Η ευρωπαϊκή σχολή είχε ως βασική διαφοροποίηση ότι οι λήπτες των αποφάσεων δεν έχουν την ικανότητα ακριβούς καθορισμού της βαρύτητας κάθε κριτηρίου. Έτσι, οι μέθοδοι ΠΚΑ που αναπτύχθηκαν από την ευρωπαϊκή σχολή παρέχουν τεχνικές για τον καθορισμό της σχετικής βαρύτητας κάθε κριτηρίου. Στις μέρες μας αυτός ο μεθοδολογικός διαχωρισμός πρακτικά δεν υφίσταται, καθώς αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται πολλές φορές συνδυαστικά για την επίλυση διαφόρων τύπων προβλημάτων. (Χαλκιάς & Γκούσια, 2015)

Η μέθοδος της ΠΚΑ επιχειρεί να διασπάσει τους στόχους ενός πολυδιάστατου προβλήματος απόφασης και ενσωματώνει τρεις θεμελιώδεις παραμέτρους. Αρχικά την αβεβαιότητα (uncertainty) που διέπει τα δεδομένα του προβλήματος, δεύτερον την ύπαρξη πολλαπλών κριτηρίων (multiple criteria) και τρίτον τις προτιμήσεις (preferences) του αποφασίζοντα. Μία επιπλέον, ιδιαίτερα κρίσιμη, παράμετρος η οποία συμβάλλει στην αύξηση της πολυπλοκότητας κάθε απόφασης είναι η ύπαρξη πολλών εμπλεκόμενων φορέων, εξαιτίας των αλληλεπιδράσεων που παράγονται μεταξύ τους σε επίπεδο στόχων και επιδιώξεων (Δούκας, 2015).



«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 2.1 Μεθοδολογία πολυκριτηριακής ανάλυσης

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων (MultiCriteria Decision Analysis ή MCDA), έχει ως κύριο στόχο την αναπαράσταση πολυδιάστατων προβλημάτων και τη διαμόρφωση τυποποιημένων διαδικασιών οι οποίες βοηθούν τους λήπτες αποφάσεων στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων ή και ερωτημάτων με βάση τη σύνδεση παραγόντων που σχετίζονται με το πρόβλημα. Η σύνθεση αυτή βασίζεται σε κανόνες λήψης αποφάσεων για την αξιολόγηση των εναλλακτικών επιλογών ή λύσεων του προβλήματος. (Χαλκιάς & Γκούσια, 2015)

Οι κανόνες λήψης απόφασης στηρίζονται στην απλότητα στη σύλληψη, στην δυνατότητα ενσωμάτωσης στην ανάλυση ποιοτικών, αλλά και ποσοτικών κριτηρίων και στην δυνατότητα εμπλοκής στη διαδικασία λήψης απόφασης διαφορετικών ληπτών (εμπειρογνώμονες, ομάδες ειδικών, διαχειριστές του χώρου, ομάδες πολιτών κ.λπ.).

Αρχικά, γίνεται ο προσδιορισμός του γενικού προβλήματος, καθώς και των επιμέρους στόχων. Όταν το προς επίλυση πρόβλημα προϋποθέτει την εξέταση πολλών αντικρουόμενων επιμέρους στόχων, τότε η μέθοδος καλείται ΠΚΑ πολλαπλών στόχων (MultiObjective Decision Analysis - MODA). Σε αντίθετη περίπτωση, όταν η στόχευση είναι μία, τότε η μέθοδος καλείται ΠΚΑ πολλαπλών περιγραφών (MultiAttribute Decision Analysis MADA), καθώς η ανάλυση βασίζεται στην εξέταση κριτηρίων με μετρήσιμες περιγραφές που σχετίζονται με το γενικό πρόβλημα. (Χαλκιάς & Γκούσια, 2015)

Το επόμενο βήμα της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός των κριτηρίων και των εναλλακτικών επιλογών. Τα κριτήρια μπορεί να είναι παράγοντες (factors) ή και περιορισμοί (restrictions) που σχετίζονται με το πρόβλημα προς εξέταση. Στη μέθοδο αυτή εξ ορισμού οι αποφάσεις είναι συμβιβαστικές και δεν υπάρχουν βέλτιστες. Μια απόφαση ή λύση σε ένα πρόβλημα θεωρείται βέλτιστη όταν βελτιστοποιεί ένα και μοναδικό κριτήριο, όταν λαμβάνει δηλαδή την καλύτερη δυνατή τιμή στο υπό βελτιστοποίηση κριτήριο. Γίνεται εμφανές, λοιπόν, ότι η βελτιστοποίηση ως προσέγγιση ενός προβλήματος απόφασης θεωρείται μια μονοκριτήρια προσέγγιση λαμβάνοντας υπόψη άριστη επίδοση σε ένα και μόνο κριτήριο. Ωστόσο στις μέρες μας, οι περισσότερες αποφάσεις χαρακτηρίζονται ως πολυδιάστατες και η ικανοποίηση των στόχων δεν μπορεί να είναι πάντα πλήρης, γι' αυτό και τα προβλήματα προσεγγίζονται πέρα από τα πλαίσια της βελτιστοποίησης χρησιμοποιώντας την προσέγγιση της πολυκριτηριακής ή πολυκριτηριακής ανάλυσης.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, η επόμενη φάση σχετίζεται με την αξιολόγηση των κριτηρίων και τον καθορισμό των προτιμήσεων των ληπτών απόφασης. Ο αριθμός των ληπτών απόφασης μπορεί να ποικίλει και για ομαδικές αποφάσεις χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές έτσι ώστε να επιτυγχάνονται συμβιβαστικές λύσεις (π.χ. ψηφοφορία ή διαπραγματεύσεις, συμμετοχικές αποφάσεις μέσω διαδικτύου). Στη συνέχεια, αφού επιλεγεί η μέθοδος σύνθεσης των κριτηρίων και καθοριστούν οι συντελεστές βαρύτητας τους, παράγονται τα τελικά αποτελέσματα-αποτιμήσεις για τις εναλλακτικές επιλογές.

Για την σύνθεση των κριτηρίων συνήθως προηγείται μια διαβάθμιση των κριτηρίων ή κάποιες τιμές – κατώφλια, μετασχηματίζοντας την μορφή των κριτηρίων και δημιουργώντας μήτρες (matrix) με την ανάθεση συντελεστών βαρύτητας. Η ποσοτική έκφραση αυτών των συντελεστών γίνεται με τιμές στο διάστημα 0-1 και το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας ισούται με 1. Η ανάθεση των συντελεστών βαρύτητας μπορεί να γίνει απευθείας από τους αναλυτές - εμπειρογνώμονες ή μέσω κάποιων άλλων βοηθητικών τεχνικών. Για παράδειγμα, στη μεθοδολογία της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Saaty T. L., 1987) η οποία παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο χρησιμοποιούνται συγκρίσεις κριτηρίων ανά ζεύγη για τον καθορισμό των συντελεστών βαρύτητας. Η επιλογή της μεθόδου γίνεται με βάση τη φύση των κριτηρίων, την κρίση των αναλυτών, την εμπειρία και το βαθμό εκπαίδευσης των αναλυτών, το διαθέσιμο υλικό και λογισμικό κ.α.

Πριν τη διαμόρφωση των τελικών προτάσεων είναι απαραίτητο να γίνει ανάλυση της ευαισθησίας του μοντέλου (Sensitivity Analysis). Στην ανάλυση ευαισθησίας ελέγχεται αν το μοντέλο και τα τελικά αποτελέσματα είναι ευαίσθητα σε μικρές αλλαγές είτε στη βαθμονόμηση των κριτηρίων, είτε στους συντελεστές βαρύτητας. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται υπολογιστικά με διαδοχικές επανεκτελέσεις του μοντέλου. Στην περίπτωση διάγνωσης μεγάλης ευαισθησίας του μοντέλου σε τέτοιες μικροαλλαγές, θα πρέπει να επανέλθει κανείς σε προηγούμενα στάδια και να προβεί στις απαραίτητες τροποποιήσεις. (Χαλκιάς & Γκούσια, 2015)

Τέλος, διαμορφώνονται οι οριστικές προτάσεις σύμφωνα με τις εναλλακτικές επιλογές για την επίτευξη ενός γενικού στόχου.

Συνοψίζοντας, αν και η σύνθεση των εκτιμήσεων και η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου αποφασίζονται μονομερώς, η μέθοδος είναι ευέλικτη λόγω της διάσπασης του προβλήματος σε επιμέρους, της ανάλυσης ευαισθησίας που πραγματοποιείται και λόγω του προσδιορισμού της σύγκρουσης των κριτηρίων.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 2.2 Πολυκριτηριακή Ανάλυση και ΓΠΣ

Όταν η εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης σχετίζεται με φαινόμενα τα οποία διαδραματίζονται στο χώρο, προϋποθέτει την αξιοποίηση κριτηρίων με χωρική κατανομή και έχει ως αποτέλεσμα την αξιολόγηση στόχων με γεωγραφική διάσταση. Η μέθοδος σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζεται σε περιβάλλοντα ΓΠΣ και τα δεδομένα αντιστοιχίζονται σε σημειακές, γραμμικές ή επιφανειακές οντότητες (διανυσματικά μοντέλα) ή σε διακριτά τμήματα χώρου (ψηφιδωτό μοντέλο), καταλήγοντας έτσι στην χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση (ΧΠΚΑ).

Η μέθοδος αυτή είναι εξαιρετικά δημοφιλείς σε αρκετά επιστημονικά πεδία όπως το περιβάλλον, ο αστικός και περιφερειακός σχεδιασμός, οι γεωεπιστήμες, η διαχείριση αποβλήτων, η υδρολογία, η γεωργία κ.α. (Malczewski J. , 2006) και σήμερα όλο και περισσότερα εργαλεία και λογισμικά ενσωματώνουν λειτουργίες για χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση, είτε με ενιαίο λογισμικό είτε με ενσωμάτωση ειδικών προσθηκών (add-ons) εφαρμογής μεθόδων ΠΚΑ. Στο λογισμικό QGIS, το οποίο χρησιμοποιείται και για την εφαρμογή της μεθόδου στην συγκεκριμένη διπλωματική, υπάρχει πλήθος επεκτάσεων (geoUmbriaSUIT, EasyAHP, Vector MCDA) για αυτό το σκοπό, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν εφαρμογές ΧΠΚΑ στο διαδίκτυο οι οποίες περιλαμβάνουν άμεση συμμετοχή των πολιτών.

Τα στάδια της μεθόδου όταν εφαρμόζεται σε ΓΠΣ παραμένουν σε γενικά πλαίσια όπως περιεγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα, με την διαφορά ότι πλέον όλα τα δεδομένα, κριτήρια και περιορισμοί εκφράζονται με χωρική διάσταση ή και με κάποιες επιθυμητές ιδιότητες του χώρου, σε θεματικά επίπεδα και ορίζεται το πρόβλημα και ο στόχος σε μία περιοχή μελέτης. Παράλληλα τα εργαλεία και λογισμικά που χρησιμοποιούνται θέτουν περιορισμούς για τις επιθυμητές προδιαγραφές των δεδομένων, όπως για παράδειγμα η κλίμακα, η μορφή των πρωτογενών στοιχείων, τα διαστήματα ταξινόμησης, οι μονάδες μέτρησης, το σύστημα γεωαναφοράς κ.α. Τέλος, πρακτικά οι συντελεστές βαρύτητας εφαρμόζονται σε ΓΠΣ με σταθμισμένη άθροιση των ομογενοποιημένων τιμών τους με χαρτογραφική υπέρθεση, δηλαδή οι ψηφίδες των θεματικών επιπέδων προστίθενται ανάλογα με την υπέρθεσή τους, πολλαπλασιασμένες με τα βάρη που υπολογίστηκαν και προκύπτει έτσι ο χάρτης καταλληλότητας, σύμφωνα με την κλίμακα, τις κλάσεις και τα διαστήματα που ορίστηκαν.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

### 2.3 Η αναλυτική ιεραρχική μέθοδος

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η μέθοδος της αναλυτικής ιεράρχησης (AHP: Analytic Hierarchy Process) και αναλύονται τεχνικές αξιοποίησης της μεθόδου για την λήψη αποφάσεων σε προβλήματα με χωρική διάσταση.

Η AHP αναπτύχθηκε από τον T.L. Saaty (Saaty T. , 1978) (Saaty T. L., 1987) και αποτελεί μία υπολογιστική θεωρία που βασίζεται τόσο στην παραγωγική όσο και στην επαγωγική λογική, η οποία παρότι αρχικά χρησιμοποιήθηκε για την αποτίμηση της καταλληλότητας της γης, πλέον έχει ευρεία και αποτελεσματική εφαρμογή σε θετικές και κοινωνικές επιστήμες. Στηρίζεται στην αρχή ότι, για τη λήψη μίας απόφασης, η εμπειρία και η γνώση των ανθρώπων είναι το ίδιο σημαντική με τα διαθέσιμα δεδομένα. Στα ελληνικά έχει προταθεί η απόδοση της μεθόδου με τον όρο «Μέθοδος Αναλυτικής Ιεράρχησης» ή «Διαδικασία Αναλυτικής Ιεράρχησης». Η μέθοδος AHP χαρακτηρίζεται από τρεις βασικές ιδιότητες:

- Είναι αναλυτική, εμπεριέχοντας μαθηματική και λογική αιτιολόγηση για τη λήψη αποφάσεων. Έτσι, συμβάλλει στην ανάλυση του προβλήματος σε μια λογική βάση και στη μετατροπή των σκέψεων και διαισθήσεων του αποφασίζοντος σε αριθμητικές αξιολογήσεις.
- Δομεί το πρόβλημα σε μια ιεραρχία, με στόχο τη μείωση της πολυπλοκότητας του μέσα από την αποδόμησή σε υπο-προβλήματα.
- Τέλος, η AHP ορίζει μια ρητή διαδικασία για τη λήψη αποφάσεων. Οι εμπειρία του εμπειρογνώμονα (ή των εμπειρογνομόνων) ενσωματώνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, η οποία αναπτύσσεται σε επιστημονική βάση, κάνοντας ευκολότερη τη συλλογική λήψη αποφάσεων. (Χαλκιάς & Γκούσια, 2015)

Τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρει αυτή η μέθοδος πολυκριτηριακού χαρακτήρα, ξεκινούν από την αποσύνθεση του προβλήματος μέσω της ιεραρχικής δομής και τη δυνατότητα συνδυασμού ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων. Παράλληλα, επειδή η μέθοδος έχει απλή τεκμηρίωση και εφαρμογή, καθιστά εύκολη την επαναληπτική διαδικασία και τον προσδιορισμό τυχόν ασυνεπειών που προκύπτουν από την κρίση του εμπειρογνώμονα, δεδομένου ότι αυτή αποτιμάται με απόλυτες αριθμητικές τιμές.

Μία μέθοδος για να έχει γενικότερη εφαρμογή πρέπει να λαμβάνει κατά το δυνατόν λιγότερα αξιώματα υπόψη. Η AHP στηρίζεται σε τρία απλά αξιώματα, το “αντίστροφο αξίωμα”, το “αξίωμα ομοιογένειας”, και το “αξίωμα ανεξαρτησίας”. Σύμφωνα με το πρώτο ισχύει ότι αν ένα κριτήριο είναι 3 φορές πιο σημαντικό από ένα δεύτερο, τότε το δεύτερο κριτήριο είναι 1/3 φορές πιο σημαντικό από το πρώτο. Παράλληλα, το αξίωμα της ομοιογένειας απαιτεί τα



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

συγκρινόμενα στοιχεία να μην παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στην κατανομή, δηλαδή ομοιογένεια στις τιμές των μεταβλητών, τις κατηγορίες κατάταξης, την κλίμακα βαθμολόγησης κ.α. Τέλος, το τρίτο αξίωμα αφορά την ιεραρχική σύνθεση και δηλώνει ότι οι αξιολογήσεις κριτηρίων σε μια ιεράρχηση δεν εξαρτώνται από κριτήρια σε κατώτερο επίπεδο. (Saaty T. , 1978)

Έτσι, η μέθοδος της AHP για την οργάνωση και την αναπαράσταση του προβλήματος, τη σύνθεση των παραμέτρων και την αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων για την πραγματοποίηση ενός στόχου αναλύεται σε 4 βασικά στάδια υλοποίησης (Saaty T. L., 1987).

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει την αποδόμηση του προβλήματος σε μία μορφή ιεραρχίας βασικών συνιστωσών σε δομή δένδρου με κριτήρια και υποκριτήρια. Με την περιγραφή του προβλήματος με ιεραρχική δομή, αναγνωρίζονται όλοι οι σημαντικοί παράγοντες και αποτιμάται η αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών.

Στο δεύτερο στάδιο γίνεται συγκριτική ανάλυση των κριτηρίων ανά ζεύγη (pairwise comparisons) με τη δημιουργία ενός πίνακα συγκρίσεων (Comparison Matrix) που απαντά στο ερώτημα πόσο ένα κριτήριο συμβάλλει στη διαμόρφωση του τελικού στόχου.

Στο τρίτο στάδιο γίνεται η σύνθεση με σκοπό την παραγωγή του τελικού αποτελέσματος. Η μέθοδος περιλαμβάνει κανονικοποίηση της μήτρας σύγκρισης, εκτίμηση της μέσης τιμής κάθε γραμμής για να ληφθεί η σχετική βαρύτητα, έλεγχο του λόγου συνέπειας (consistency ratio) και υπολογισμό της τελικής βαθμολογίας των εναλλακτικών σεναρίων.

Τέλος, όταν η δενδροειδής δομή έχει πολλά επίπεδα συγκρίσεων, τα τρία στάδια εκτελούνται διαδοχικά για όλα τα επίπεδα της ιεραρχίας. Ο τελικός συντελεστής βαρύτητας που αποδίδεται σε κάθε στοιχείο του χαμηλότερου επιπέδου της ιεραρχίας προκύπτει από τον συνυπολογισμό όλων των επιμέρους βαρυτήτων των στοιχείων των ανωτέρων επιπέδων, που συνδέονται με κάθε εναλλακτική. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως προσθετικός, συσσωρευτικός κανόνας και έχει το πλεονέκτημα της εύκολης κατανόησης της κατανομής της συνολικής βαρύτητας στα επιμέρους τμήματά της. Τα σύνθετα βάρη αποδίδουν τη σημαντικότητα των κριτηρίων, βάσει των οποίων δημιουργούνται τα εναλλακτικά σενάρια για την αξιολόγηση των τελικών επιλογών και την υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων. (Malczewski J. , 1999) (Χαλκιάς & Γκούσια, 2015)

Τα πλεονεκτήματα του συνδυασμού των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών με τις τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφάσεων έχουν επισημανθεί στη βιβλιογραφία πολλές φορές από την επιστημονική κοινότητα, γιατί επιτρέπουν την αξιοποίηση ποικίλων δεδομένων,





*«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*

την ανάπτυξη μοντέλων ανάλυσης του χώρου καθώς και οι εξελεγμένες δυνατότητες για τεκμηρίωση και οπτικοποίηση της ανάλυσης και των αποτελεσμάτων.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

### 3 Εφαρμογή της αναλυτικής ιεραρχικής μεθόδου για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού με χρήση Γεωπληροφοριακών Συστημάτων (GIS)

Στόχος του κεφαλαίου είναι η πρακτική χρήση της μεθόδου ΑΗΡ ως εργαλείο λήψης χωρικών αποφάσεων στο χωρικό πρόβλημα της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σταθμών, με την αξιοποίηση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS). Οι εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν μεγάλα επενδυτικά έργα, των οποίων η απόδοση εξαρτάται κατά πολύ μεγάλο βαθμό από τη χωροθέτηση. Δεδομένου ότι η εγκατάσταση αυτών των σταθμών διέπεται από πολύπλοκο νομοθετικό πλαίσιο και η ίδια η εγκατάσταση απαιτεί την ικανοποίηση συγκεκριμένων κριτηρίων, η χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού αποτελεί πρόβλημα χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης. Στην παρούσα διπλωματική, λόγω των αντικρουόμενων κριτηρίων και του μεγάλου όγκου γεωγραφικών πληροφοριών, γίνεται προσπάθεια λήψης απόφασης για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σε δημοτική έκταση μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης, η οποία στα GIS, αποδίδεται ως πολυκριτηριακή χαρτογραφική υπέρθεση, σε συνδυασμό με τη μέθοδο της Αναλυτικής Ιεράρχησης (Analytical Hierarchy Process, ΑΗΡ).

#### 3.1 Περιοχή μελέτης – Στόχος

Στόχος όπως αναφέρθηκε εν συντομία και στα προηγούμενα είναι η χωροθέτηση ΦΒ σταθμού σε δημοτική έκταση του Δήμου Ιωαννιτών, με τις λιγότερες δυνατές περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις και παράλληλα τη μέγιστη απόδοση του συστήματος. Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την περιγραφή του προβλήματος που μελετάται, την αποδόμησή του, τον καθορισμό της περιοχής μελέτης, τον προσδιορισμό της κλίμακας εργασίας, όπως και της χωρικής μονάδας αναφοράς (ΧΜΑ).

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΦΒ συστήματα είναι ευρέως διαδεδομένη και πλέον σύμφωνα με οδηγίες του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, η χώρα μας έχει θεσπίσει και τα κατάλληλα νομικά πλαίσια για να επιτραπεί η ανάπτυξη δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορους φορείς ή συμπράξεις φορέων, για κάλυψη αναγκών με ή χωρίς σύνδεση στα δίκτυα διανομής. Για την ορθή και αποδοτική λειτουργία των ενεργειακών κοινοτήτων είναι προαπαιτούμενη η χρήση των σωστών εργαλείων επιχειρησιακής έρευνας που



«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

εξασφαλίζουν την αποδοτική λειτουργία των σταθμών. Συγκεκριμένα, λοιπόν, για τη χωρική μονάδα αναφοράς του Δήμου Ιωαννιτών σύμφωνα με τη διοικητική διαίρεση «Καλλικράτης», θα μελετηθεί εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού της τάξης των 500 kw, για το οποίο η ελάχιστη έκταση που απαιτείται ορίζεται στα 7 στρέμματα. Σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο άρθρο 17 της υπ' αριθμ. 49828/2008 Υπουργικής απόφασης για την έγκριση του Ειδικού Πλαισίου Χωροταξικού Σχεδιασμού για τις Α.Π.Ε. (ΦΕΚ Β' 2464), όπως τροποποιήθηκε και ισχύει, δεν απαιτείται τα γήπεδα χωροθέτησης να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός εάν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των απολύτως αναγκαίων για την εγκατάσταση αυτή. Ως απολύτως αναγκαίες κατασκευές νοούνται: α) στυλίσκος μετρητής της Δ.Ε.Η., β) οικίσκος εγκατάστασης ηλεκτρονικού εξοπλισμού των Φ/Β συστημάτων που δύναται να είναι προκατασκευασμένος, με τις απολύτως αναγκαίες διαστάσεις και μέχρι εμβαδού 15τ.μ., γ) περίφραξη για την προστασία της εγκατάστασης με συρματοπλέγμα μέχρι ύψους 2,5μ. με συμπαγές τοιχίο μέχρι 30 εκατοστά και δ) εγκατεστημένος εξοπλισμός Φ/Β συστημάτων των οποίων κανένα στοιχείο δεν υπερβαίνει τα 2,5μ. από τη στάθμη του φυσικού ή τεχνητά διαμορφωμένου εδάφους των γηπέδων.

Εκτός από το εμβαδό της έκτασης, για τη χωροθέτηση, λαμβάνονται υπόψη 3 κατηγορίες παραμέτρων οι οποίες ομαδοποιούν τα κριτήρια, αλλά στην εφαρμογή της ΑΗΡ δεν θα ληφθούν υπόψη για σύνθεση σταθμισμένων κριτηρίων.

Η πρώτη κατηγορία αφορά περιβαλλοντικά κριτήρια και σχετίζεται με τις υφιστάμενες χρήσεις γης και άλλους περιβαλλοντικούς περιορισμούς. Στην κατηγορία αυτή λαμβάνονται δεδομένα χρήσεων γης από τους χάρτες Corine Land Cover, από τους χάρτες του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 και από τους κυρωμένους δασικούς χάρτες του Εθνικού Κτηματολογίου.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει κριτήρια οικονομικά, δηλαδή παραμέτρους που συμβάλλουν σημαντικά στην απόδοση του συστήματος όπως είναι η απόσταση από το οδικό δίκτυο, η κλίση του αγροτεμαχίου και ο προσανατολισμός του. Στην ενότητα αυτή, σημαντικό κριτήριο οικονομικής απόδοσης της επένδυσης θα αποτελούσε η απόσταση του αγροτεμαχίου από το δίκτυο μέσης τάσης του ΔΕΔΔΗΕ, αλλά το δίκτυο αυτό έχει μόνο ποιοτική χαρτογράφηση προς το παρόν και επομένως δεν υπήρχαν δεδομένα για χρήση σε περιβάλλοντα GIS. Συμβιβαστικά, θεωρείται ότι στις εκτός σχεδίου περιοχές το δίκτυο της μέσης τάσης ακολουθεί σε αρκετά σημεία το οδικό δίκτυο (για λόγους συντήρησης και συνδεσιμότητας) και επομένως, στο θεματικό επίπεδο του κριτηρίου της απόστασης από το οδικό δίκτυο λαμβάνεται υπόψη και αυτή η παράμετρος.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Τέλος, η τρίτη κατηγορία παραμέτρων αφορά το νομικό πλαίσιο που ισχύει και διέπει την περιοχή. Συγκεκριμένα, λαμβάνονται υπόψη τα όρια των οικισμών, οι περιοχές με θεσμοθετημένες χρήσεις γης λόγω της Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου και των Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. που ισχύουν, οι γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας δεδομένου ότι κατά την εκπόνηση της παρούσας εξαιρούνταν για χωροθέτηση χρήσης άλλης πέραν της γεωργικής και άλλες λοιπές περιοχές όπως τεμάχια με δημοτικά κτίρια, αρχαιολογικοί χώροι κ.α.



Εικόνα 2: Δενδροειδής Δομή Προβλήματος Χωροθέτησης

### 3.2 Ανάλυση κριτηρίων

Στα επόμενα, αφού προηγήθηκε η διαίρεση του προβλήματος στις βασικές συνιστώσες παρουσιάζονται τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση ΑΗΡ. Σ' αυτό το στάδιο επεξεργασίας αξιοποιούνται οι δυνατότητες που παρέχει ένα ΓΠΣ, δηλαδή, σε κάθε κριτήριο αντιστοιχίζεται ένα θεματικό επίπεδο το οποίο περιλαμβάνει μετασχηματισμένα δεδομένα (γίνονται οι απαραίτητες ψηφιοποιήσεις, γεωαναφορές, συγνωνεύσεις κ.α.). Παράλληλα, γίνεται και η ποσοτικοποίηση των κριτηρίων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά σε ονομαστική ή ποιοτική κλίμακα.

Για τη διαδικασία αυτή, τα κριτήρια ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται τα κριτήρια που οδηγούν σε εν γένει κατάλληλες περιοχές, οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν σε 5 βαθμούς καταλληλότητας 1-5 από τις κατάλληλες προς τις λιγότερο κατάλληλες περιοχές. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει την κλίση του εδάφους, τον προσανατολισμό, τη χρήση γης βάσει του χάρτη Corine, τις θεσμοθετημένες χρήσεις γης βάσει της ΖΟΕ και την εγγύτητα με το οδικό δίκτυο. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται κριτήρια που οδηγούν σε ακατάλληλες για χωροθέτηση ΦΒ σταθμού περιοχές και δημιουργούν τη ζώνη αποκλεισμού. Η ζώνη αποκλεισμού περιέχει δεδομένα από τους δασικούς χάρτες, το δίκτυο NATURA2000, τα όρια των οικισμών, τις υπόλοιπες περιοχές της ΖΟΕ όπου προκύπτει ξεκάθαρα ότι δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση, τις περιοχές των ΣΧΟΟΑΠ όπου προκύπτει ξεκάθαρα ότι δεν



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

επιτρέπεται η χωροθέτηση, τις γεωργικές γαίες από δεδομένα του ΟΠΕΚΕΠΕ και άλλες περιοχές όπως τεμάχια με δημόσια κτίρια και αρχαιολογικοί χώροι.






#### CORINE LAND COVER

Από τον χάρτη χρήσεων γης του CORINE 2018 επιλέγονται πέντε κατηγορίες κατάλληλες για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού ακολουθώντας την εξής συλλογιστική:

- Όλες οι κατηγορίες με αριθμό πρώτου επιπέδου 1 αντιστοιχούν σε τεχνητές επιφάνειες και επομένως εξαιρούνται της χωροθέτησης.
- Όλες οι κατηγορίες με αριθμό πρώτου επιπέδου 4 αντιστοιχούν σε υγροτόπους και επομένως εξαιρούνται της χωροθέτησης.
- Όλες οι κατηγορίες με αριθμό πρώτου επιπέδου 5 αντιστοιχούν σε υδάτινες επιφάνειες και επομένως εξαιρούνται της χωροθέτησης.
- Από την κατηγορία γεωργικές περιοχές με αριθμό πρώτου επιπέδου 2 εξαιρούνται οι ορυζώνες (2.1.3), οι μόνιμες καλλιέργειες (2.2) και οι ετερογενείς γεωργικές περιοχές (2.4).
- Από την κατηγορία δάση και ημι-φυσικές περιοχές με αριθμό πρώτου επιπέδου 3 εξαιρούνται τα δάση (3.1), οι μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις (3.2.4) και οι ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση (3.3).

Έτσι, καταλήγουμε σε 5 κλάσεις κατάλληλων περιοχών (1=κατάλληλες περιοχές, 5=λιγότερο κατάλληλες περιοχές)

ΤΑΞΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ CORINE LAND COVER
------------------------	-----------------------------

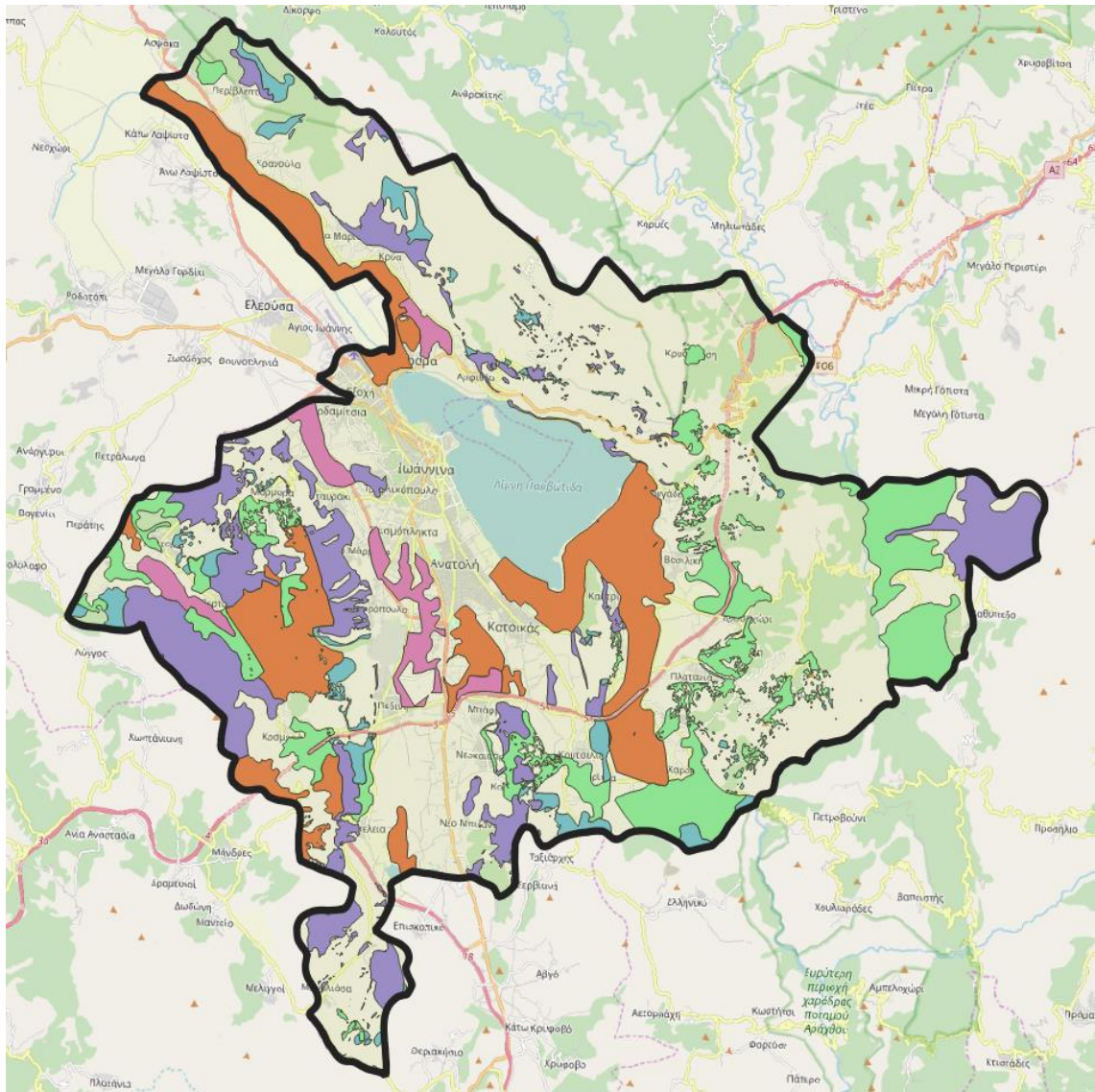
1 	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι
2 	3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση
3 	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη
4 	2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
5 	2.3.1 Λιβάδια 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη

Πίνακας 1 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών από το χάρτη CORINE LAND COVER



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 3 Χάρτης κατάλληλων περιοχών βάσει του χάρτη χρήσεων γης CORINE LAND COVER



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

#### ΚΥΡΩΜΕΝΟΙ ΔΑΣΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Στο Δήμο Ιωαννιτών υπάρχει κυρωμένος δασικός χάρτης από τον οποίο εξαιρέθηκαν ως ζώνη αποκλεισμού οι περιοχές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα με τους αντίστοιχους χαρακτηρισμούς.

#### ΔΑΣΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

ΔΔ	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ Ή ΠΡΟΫΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ*
ΑΔ	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ / ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ*
ΠΔ	ΤΕΛΕΣΙΔΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ & ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ - ΔΑΣΙΚΕΣ
ΠΧ	ΤΕΛΕΣΙΔΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ & ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ - ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ
ΑΝ	ΑΝΑΔΑΣΩΤΕΕΣ Ή ΔΑΣΩΤΕΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ
ΧΧ	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ*
ΑΧ	ΑΛΛΗΣ ΜΟΡΦΗΣ / ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗΣ ΛΗΨΗΣ
	ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΣΤΙΣ Α/Φ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΛΗΨΗΣ & ΣΤΙΣ ΑΥΤΟΨΙΕΣ*

\* Ή ΣΤΟΥΣ ΚΤΗΜΑΤΙΚΟΥΣ ΧΑΡΤΕΣ ΤΟΥ Ν. 248/1976

*Πίνακας 2 Ακατάλληλες περιοχές σύμφωνα με τον κυρωμένο δασικό χάρτη*

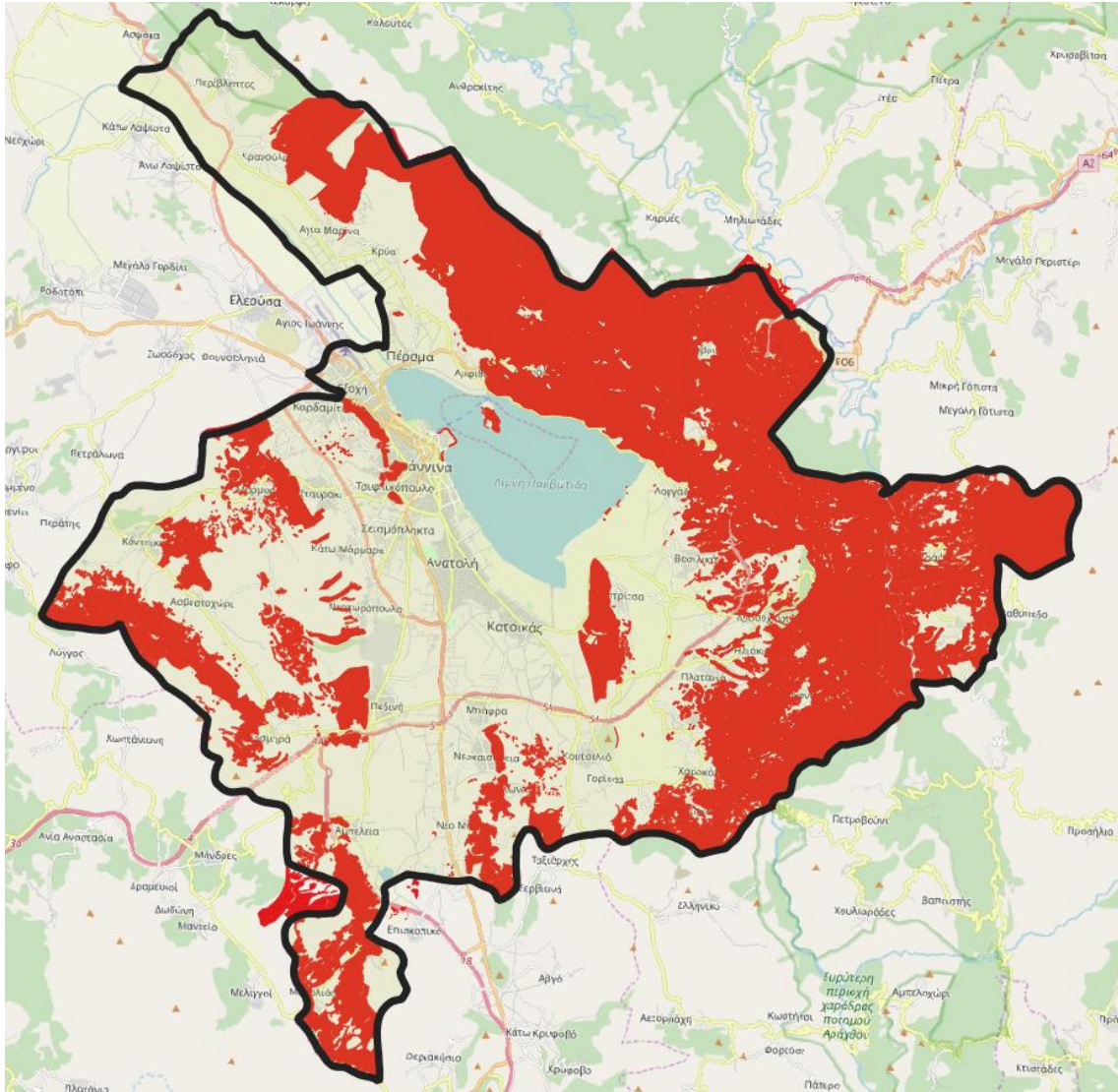
Αν και στις δασικές και χορτολιβαδικές εκτάσεις επιτρέπεται υπό προϋποθέσεις και μετά από σχετικές εγκρίσεις η χωροθέτηση ΦΒ σταθμών στην παρούσα ανάλυση επιλέχθηκε σε αρχικό στάδιο να εξαιρεθούν και αν τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι ανεπαρκή για επιλογή αγροτεμαχίων να ληφθούν υπόψη σε δεύτερη επαναληπτική ανάλυση.





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 4 Χάρτης ακατάλληλων περιοχών βάσει των κυρωμένων δασικών χαρτών

#### ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΦΥΣΗ 2000

Σύμφωνα με τις διατάξεις της υπ' αριθμ. 49828/2008 Υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ Β' 2464), ζώνες στις οποίες πρέπει να αποκλείεται η εγκατάσταση ΦΒ σταθμών μεταξύ άλλων είναι και:

- οι περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και του τοπίου που καθορίζονται κατά τις διατάξεις των άρθρων 19 παρ. 1 και 2 και 21 του ν. 1650/1986.
- οι πυρήνες των Εθνικών Δρυμών
- τα κηρυγμένα μνημεία της φύσης
- τα αισθητικά δάση που δεν περιλαμβάνονται στις παραπάνω περιπτώσεις
- οι οικότοποι προτεραιότητας περιοχών της Επικράτειας που έχουν ενταχθεί στον κατάλογο των τόπων κοινοτικής σημασίας του δικτύου ΦΥΣΗ 2000 σύμφωνα με την υπ' αριθμ. 2006/613/ΕΚ απόφαση της Επιτροπής (ΕΕ L 259 της 21.9.2006, σ. 1).

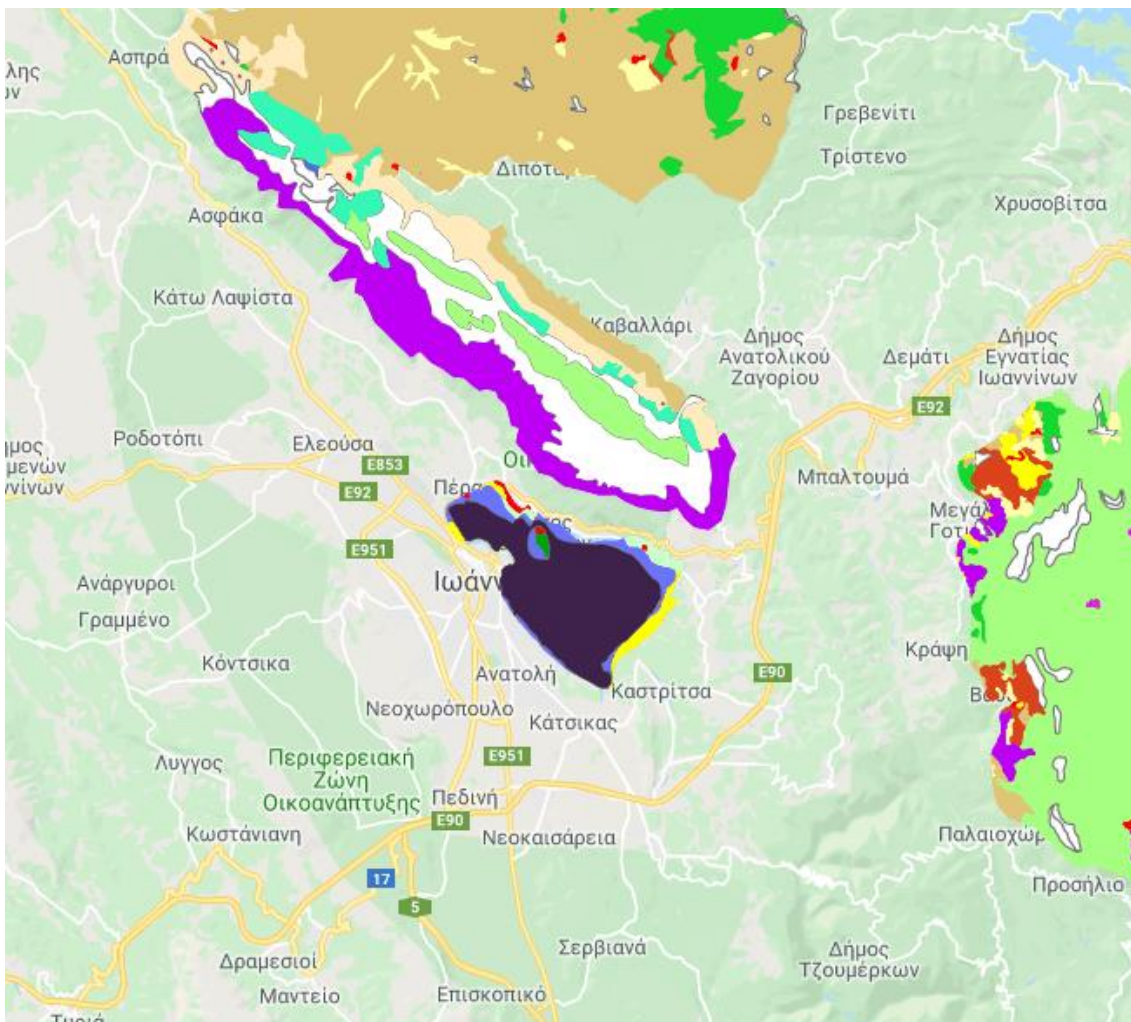




«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Ειδικά για τις περιοχές του δικτύου Natura2000 η αδειοδότηση προβλέπει την ένταξη του έργου σε πρότυπες περιβαλλοντικές δεσμεύσεις οι οποίες περιλαμβάνουν ειδική οικολογική αξιολόγηση. Αν και για τη χωροθέτηση, ο περιορισμός αυτός δεν είναι απαγορευτικός, στην ανάλυση επιλέχθηκε περιοχές τοπικής σημασίας Natura2000 (Sites of Community Importance ή SCIs) να αποκλειστούν μαζί με τους οικοτόπους, ως ακατάλληλες ενώ, οι περιοχές Ειδικών Ζωνών Προστασίας (Special Protection Areas ή SPAs) να ενταχθούν δεδομένου ότι μεγάλο τμήμα του Δήμου έχει ενταχθεί στο δίκτυο Natura2000. Στον παρακάτω χάρτη φαίνονται οι περιοχές του Δήμου Ιωαννιτών που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο NATURA2000, από τις οποίες, περιοχή τοπικής σημασίας Natura2000 (Site of Community Importance ή SCI), αποτελεί μόνο το πολύγωνο που περικλείει τη λίμνη Παμβώτιδα.



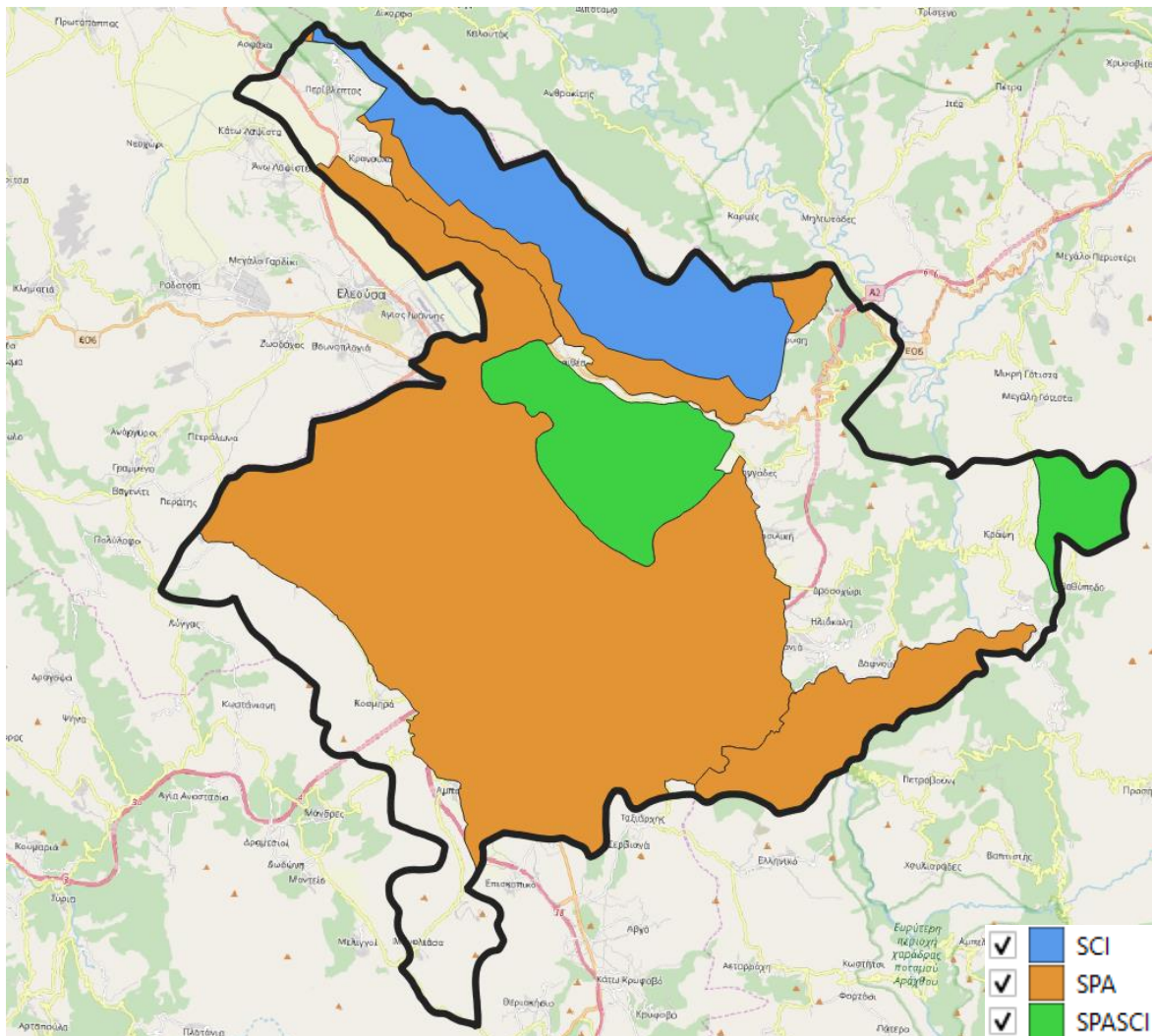
Εικόνα 5 Χαρτογράφηση των οικοτόπων



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Όπως αυτοί ορίζονται στο παράρτημα Ι της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ. Αφορά χερσαίες περιοχές και όχι το σύνολο της χώρας. Πηγή: <http://www.oikoskopio.gr/map/>



Εικόνα 6 Χάρτης περιοχών NATURA 2000

#### ΕΓΓΥΤΗΤΑ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα η εγγύτητα με το οδικό δίκτυο σε αυτού του είδους τα τεχνικά έργα είναι εξαιρετικά σημαντική. Παράλληλα, στη συγκεκριμένη περίπτωση λόγω έλλειψης δεδομένων από τον ΔΕΔΔΗΕ για το δίκτυο της μέσης τάσης, γίνεται η παραδοχή ότι η εγγύτητα με το οδικό δίκτυο συνεπάγεται σε τμήματα και εγγύτητα με το δίκτυο διανομής, παράμετρος εξαιρετικά σημαντική για τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

**ΤΑΞΗ  
ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ**






**ΕΓΓΥΤΗΤΑ ΜΕ ΤΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ**



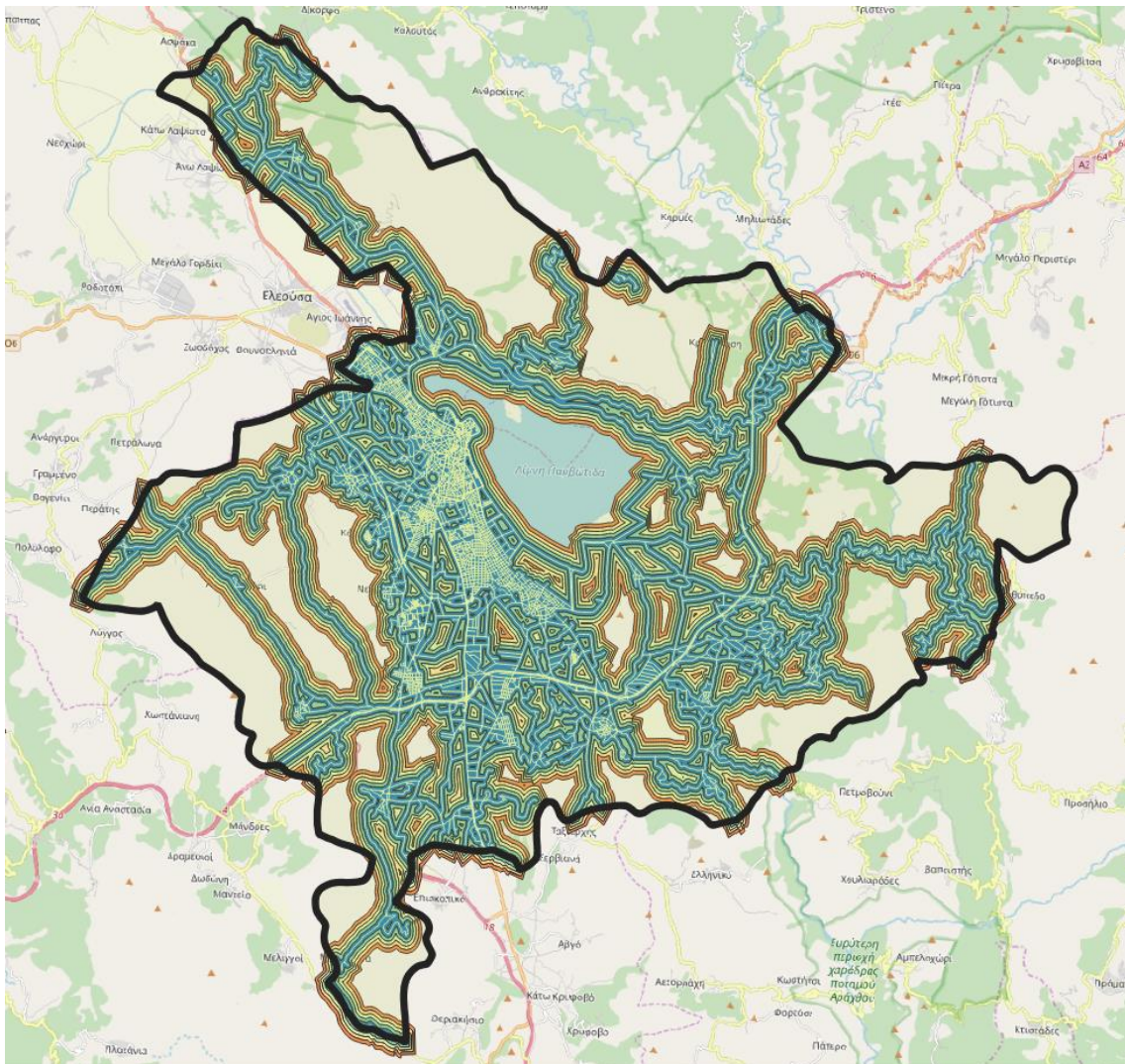


«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

1		0-100 μ απόσταση
2		100-200 μ απόσταση
3		200-300 μ απόσταση
4		300-400 μ απόσταση
5		400-500 μ απόσταση

Πίνακας 3 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών βάσει εγγύτητας ,ε το οδικό δίκτυο



Εικόνα 7 Χάρτης κατάλληλων περιοχών βάσει εγγύτητας με το οδικό δίκτυο

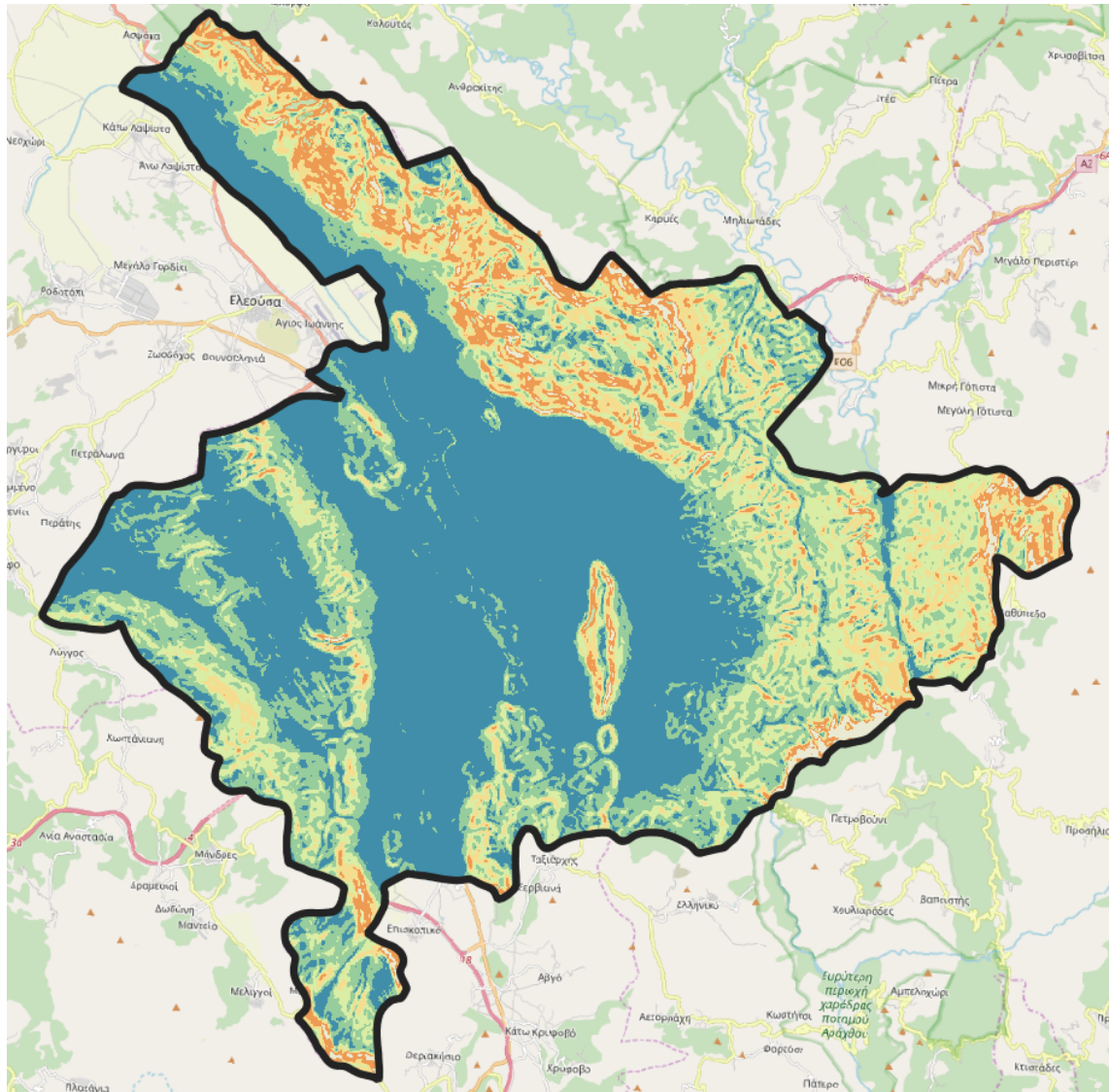
## ΚΛΙΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Δημιουργήθηκε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ο χάρτης κλίσεων του Δήμου Ιωαννιτών στον οποίο λαμβάνονται ως κατάλληλες για φωτοβολταϊκά τα τεμάχια με κλίση έως 30% έχοντας υπόψη ότι τα ΦΒ πάνελ τοποθετούνται σε οριζόντιο έδαφος με κλίση έως 30 % αναλόγως το αζιμούθιο της περιοχής.






Εικόνα 8 Χάρτης κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με την κλίση του εδάφους

ΤΑΞΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ	ΚΛΙΣΗ (%)
1 	0 έως ≤6
2 	<6 έως ≤12



«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,






«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

<b>3</b> 	<12 έως ≤18
<b>4</b> 	<18 έως ≤24
<b>5</b> 	<24 έως ≤30

Πίνακας 4 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με την κλίση του εδάφους

#### ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Δημιουργήθηκε από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ο χάρτης προσανατολισμών του Δήμου Ιωαννιτών στον οποίο λαμβάνονται ως κατάλληλες για φωτοβολταϊκά τα τεμάχια με προσανατολισμό έως  $45^{\circ}$  –  $315^{\circ}$  έχοντας υπόψη ότι τα ΦΒ πάνελ τοποθετούνται πάντα με νότιο προσανατολισμό ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό της ορατότητας του οικοπέδου.

ΤΑΞΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ
<b>1</b> 	$155^{\circ}$ έως $209^{\circ}$
<b>2</b> 	$210^{\circ}$ έως $264^{\circ}$
<b>3</b> 	$100^{\circ}$ έως $154^{\circ}$
<b>4</b> 	$265^{\circ}$ έως $315^{\circ}$
<b>5</b> 	$45^{\circ}$ έως $99^{\circ}$

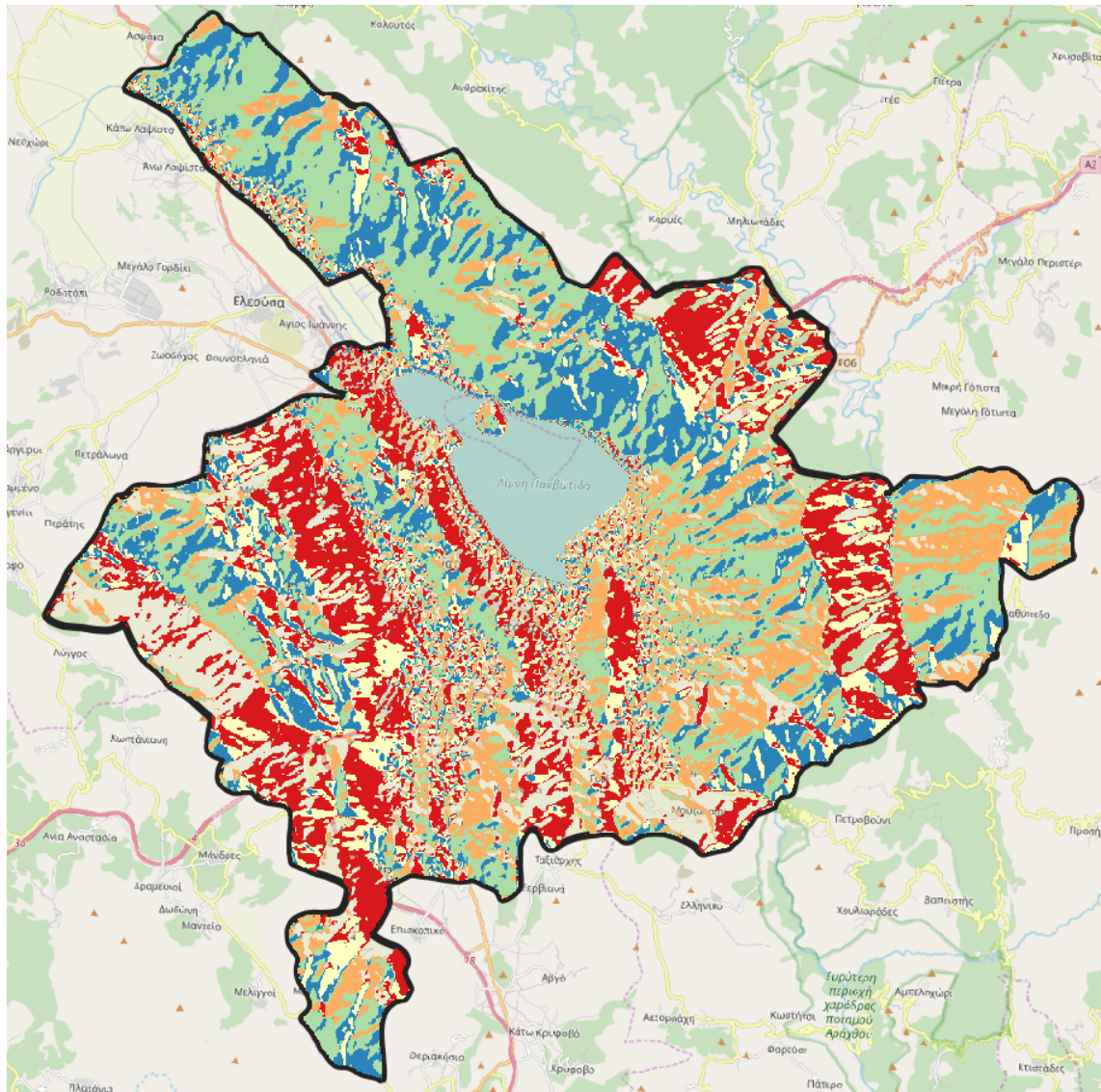
Πίνακας 5 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τον προσανατολισμό του εδάφους





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 9 Χάρτης κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τον προσανατολισμό του εδάφους

#### ΖΩΝΗ ΟΙΚΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

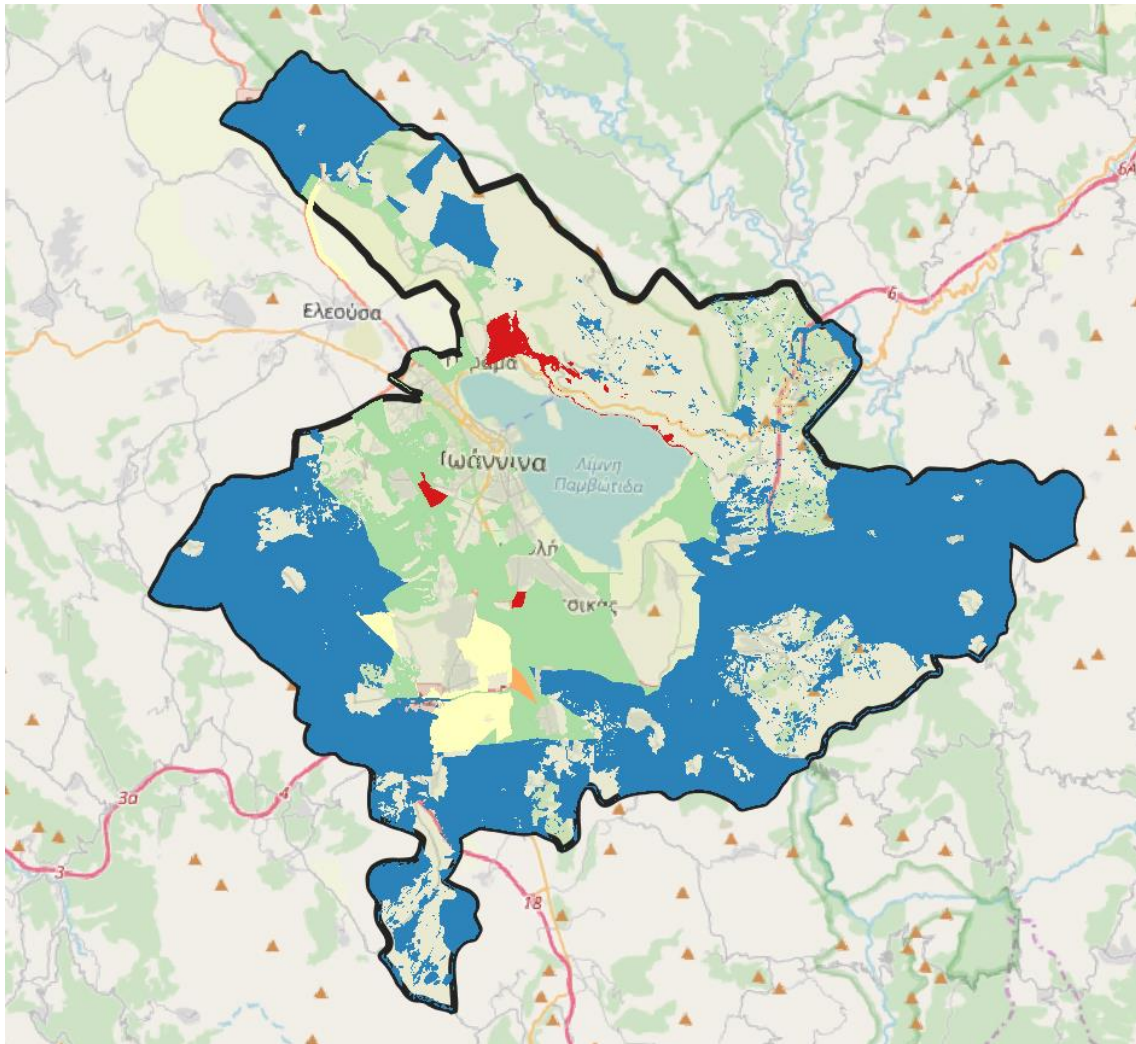
Για τη χωροθέτηση τέτοιου είδους τεχνικών έργων, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη στην ανάλυση ο χωροταξικός σχεδιασμός της περιοχής. Στο Δήμο Ιωαννιτών αυτή τη στιγμή βρίσκονται σε ισχύ δύο πλαίσια που ρυθμίζουν με σαφήνεια τις χρήσεις γης. Το πρώτο πλαίσιο είναι η Ζώνη Οικιστικού Ελέγχου (ΖΟΕ) η οποία εγκρίθηκε το 1989, τροποποιήθηκε δύο φορές και ορίζει τις χρήσεις γης στην ευρύτερη περιοχή της πόλης των Ιωαννίνων. Από τις κατηγορίες χρήσεων γης που ορίζει η ΖΟΕ επιλέχθηκαν 5 κατηγορίες στις οποίες δεν απαγορεύεται η χωροθέτηση δραστηριοτήτων χαμηλής όχλησης (ΦΕΚ, 1671 Αριθ. Δ6/Φ1/οικ. 19500, 2004) και ανάλογα με τις επιτρεπόμενες χρήσεις (ΦΕΚ, 297 Καθορισμός Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου, 1989)







«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

ταξινομήθηκαν με 5 τάξεις από την πιο κατάλληλη στη λιγότερο κατάλληλη, όπως φαίνεται στα παρακάτω.



Εικόνα 10 Χάρτης κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τη Ζ.Ο.Ε.

ΤΑΞΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Ζ.Ο.Ε.
1 	ΕΚΤΟΣ Ζ.Ο.Ε.
2 	ΖΩΝΗ Χ
3 	ΖΩΝΗ 1Χ
4 	ΖΩΝΗ 3





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

5

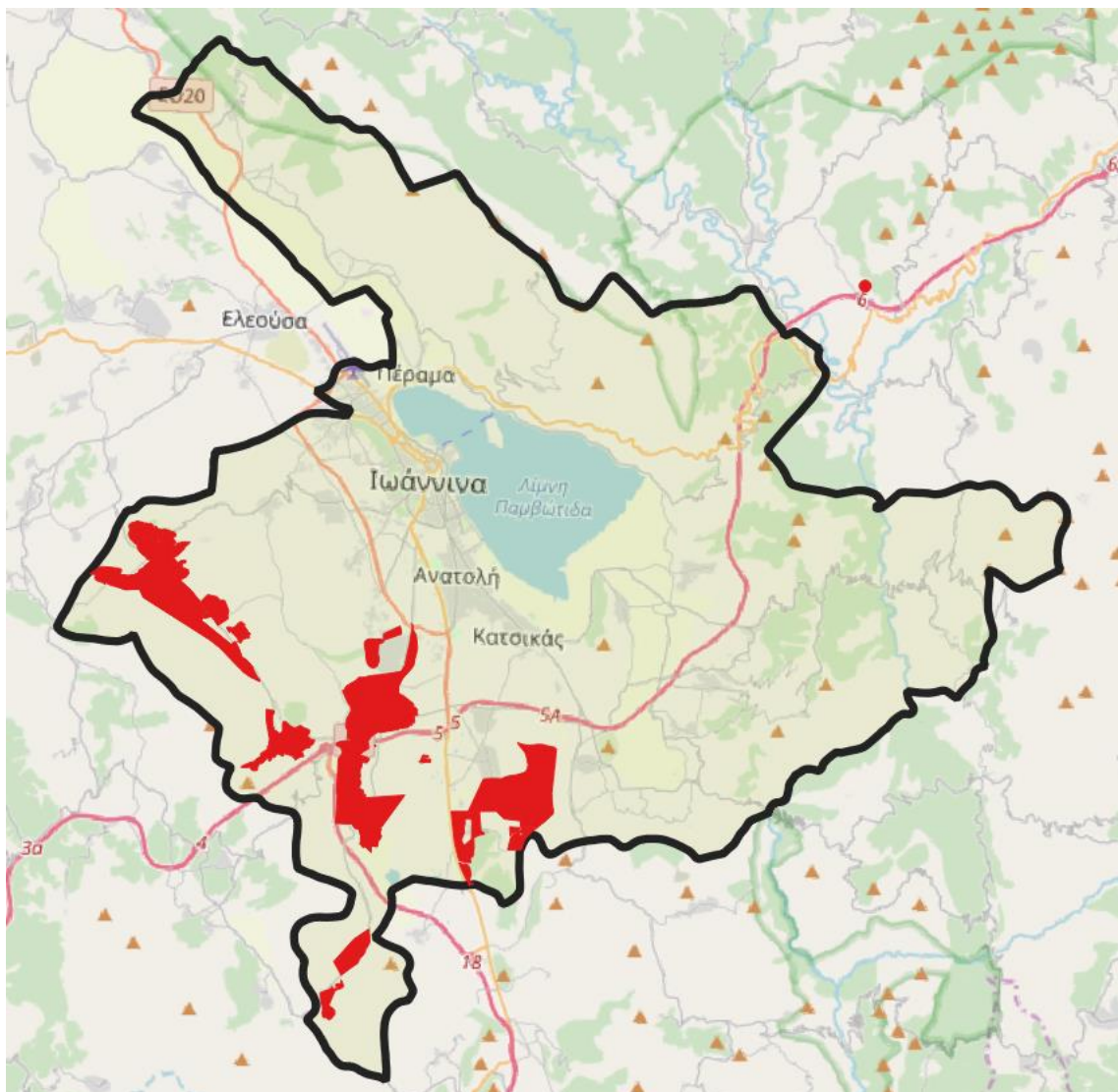
ΖΩΝΗ 7

Πίνακας 6 Ταξινόμηση κατάλληλων περιοχών σύμφωνα με τη Ζ.Ο.Ε.

Οι υπόλοιπες περιοχές εντός Ζ.Ο.Ε. θεωρήθηκαν ακατάλληλες και συμπεριλαμβάνονται στη ζώνη αποκλεισμού.

#### ΣΧΟΟΑΠ

Σε συνέχεια με τα παραπάνω στο Δήμο Ιωαννιτών, υπάρχει σε ισχύ Σχέδιο Χωρικής & Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτής Πόλης (ΣΧΟΟΑΠ) του πρώην Δήμου Μπιζανίου Νομού Ιωαννίνων. Το σχέδιο αυτό ορίζει περιοχές για τις οποίες δεν προβλέπεται η χωροθέτηση ΦΒ σταθμών οι οποίες εξαιρέθηκαν από την ανάλυση ως ζώνη αποκλεισμού όπως φαίνονται στα παρακάτω. Οι περιοχές που εξαιρέθηκαν αφορούν ζώνες που προβλέπεται οικιστική ή τουριστική ανάπτυξη και άλλες ζώνες που απαγορεύεται η χωροθέτηση δραστηριοτήτων μη ρυπογόνων, χαμηλής όχλησης.





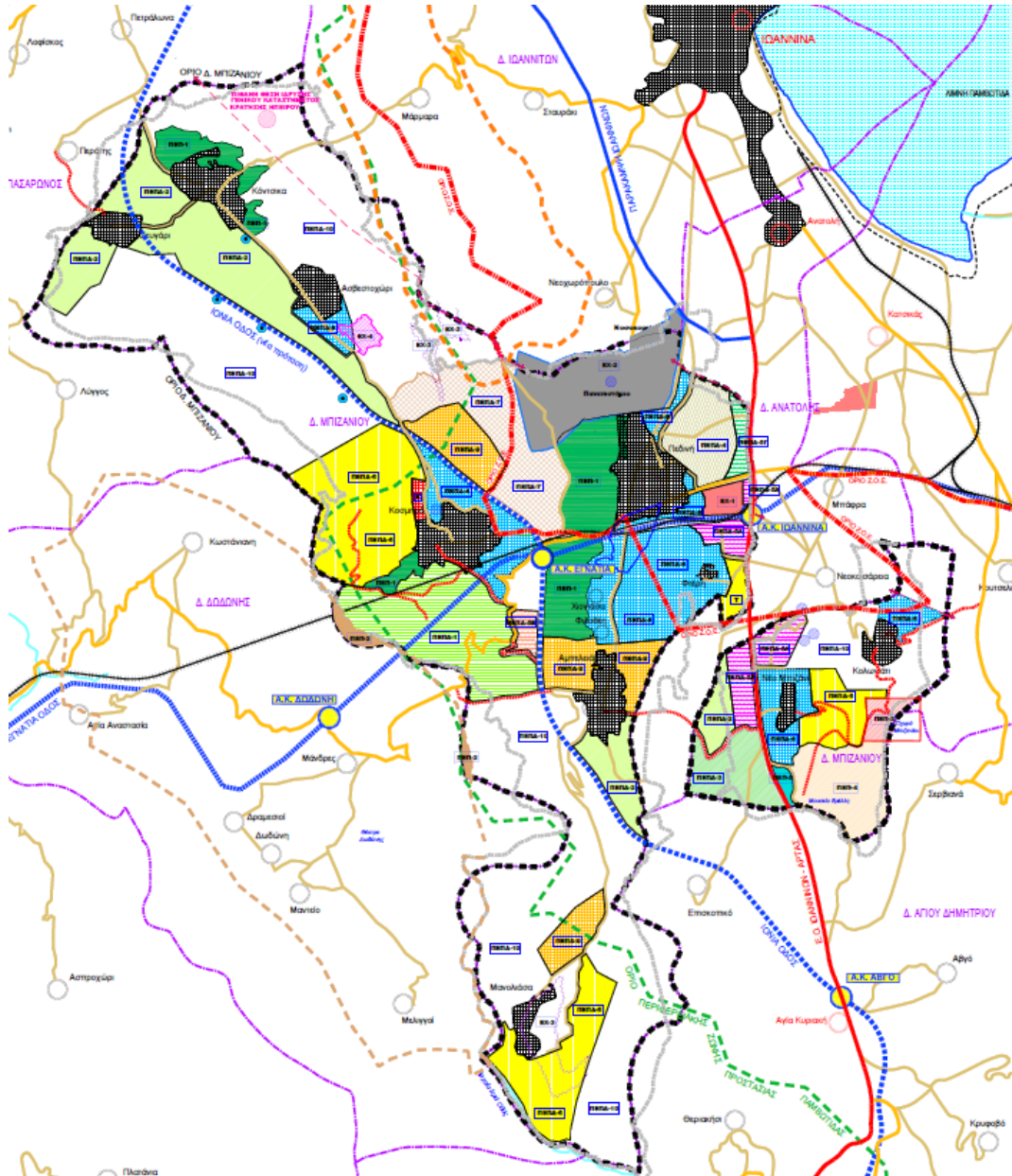


«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Εικόνα 11 Χάρτης ακατάλληλων περιοχών σύμφωνα με το Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. Μπιζανίου.

Εικόνα 12 Χάρτης Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. Μπιζανίου.



#### ΟΡΙΑ ΣΧΕΔΙΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΙΣΜΩΝ

Σύμφωνα με τις διατάξεις της υπ' αριθμ. 49828/2008 Υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ Β' 2464), επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών, ανεξαρτήτως ισχύος, σε γήπεδα που βρίσκονται σε εκτός σχεδίου περιοχές ενώ, ειδικά για την εγκατάσταση ΦΒ σταθμών σε



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

πολυσύχναστους χώρους πρέπει, στο πλαίσιο της σχετικής περιβαλλοντικής αδειοδότησης, να καθορίζονται τα κατά περίπτωση κατάλληλα μέτρα για να μην υπάρχει οπτική όχληση. Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω, επιλέχθηκε στην πρώτη φάση της ανάλυσης να αποκλειστούν ως ακατάλληλες περιοχές όλες εκείνες οι οποίες βρίσκονται εντός ορίου οικισμού ή σχεδίου.

#### ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΓΗ ΥΨΗΛΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

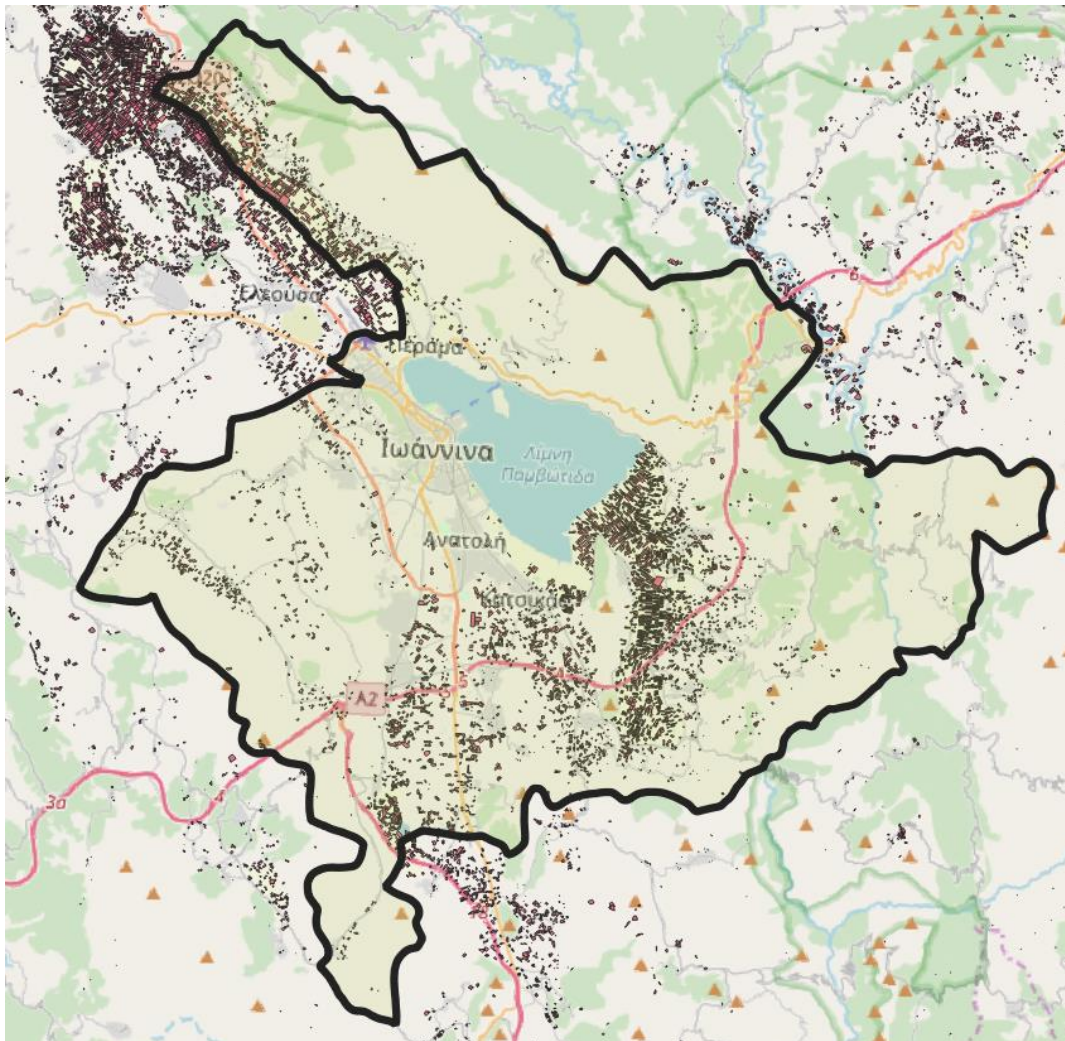
Κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, απαγορεύεται η χωροθέτηση έργων ΑΠΕ σε γήπεδα με χαρακτηρισμό ως γη υψηλής παραγωγικότητας. Τέτοια γήπεδα είναι τα αγροτεμάχια που προκύπτουν από αναδασμούς ή τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε περιοχές με εγγειοβελτιωτικά έργα και ο χαρακτηρισμός αυτός βεβαιώνεται για κάθε τεμάχιο ξεχωριστά από σχετική επιτροπή της Περιφέρειας Ηπείρου. Ο περιορισμός αυτός έχει τεθεί από τον Ν. 4015/2011, αλλά μετά από το Νοέμβριο του 2019 και το σχέδιο νόμου «απελευθέρωση αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των ΑΠΕ» που τέθηκε σε δημόσια ηλεκτρονική διαβούλευση, φαίνεται από το άρθρο 24 ότι ο περιορισμός αυτός ενδεχομένως να αρθεί και επομένως στην παρούσα ανάλυση αποκλείστηκαν μόνο οι περιοχές για τις οποίες έχει γίνει ενιαία αίτηση ενίσχυσης στον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. σύμφωνα με δεδομένα του 2015.

*Εικόνα 13 Χάρτης δηλώσεων Ε.Α.Ε. 2015*



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



#### ΑΛΛΕΣ ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Ως ζώνες αποκλεισμού για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, ορίζονται από το ισχύον νομικό πλαίσιο ακόμα οι εξής κατηγορίες περιοχών:

- τα κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς και τα άλλα μνημεία μείζονος σημασίας
- οι οριοθετημένες αρχαιολογικές ζώνες προστασίας Α που έχουν καθορισθεί κατά τις διατάξεις του άρθρου 91 του ν. 1892/1991 ή καθορίζονται κατά τις διατάξεις του ν. 3028/2002.

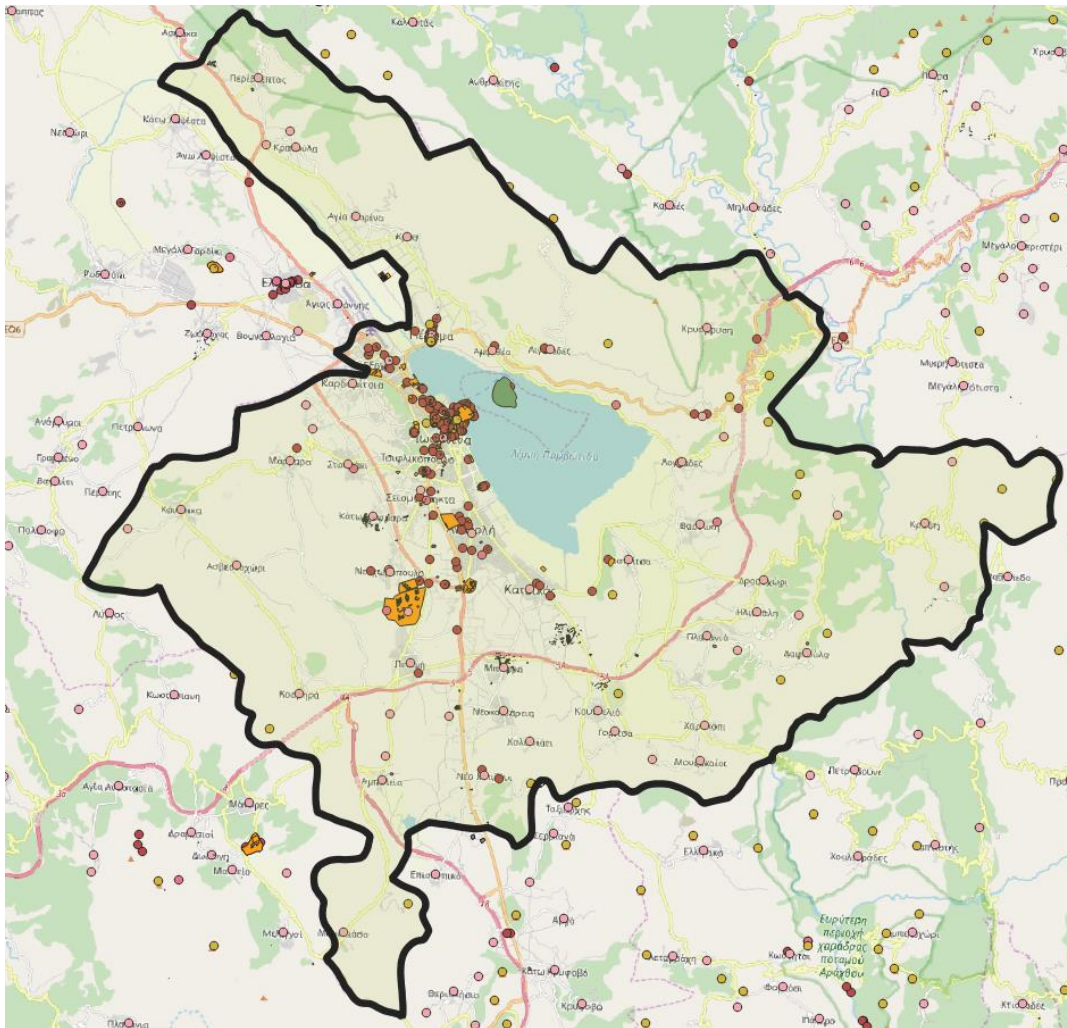
Επιπλέον, σε αυτά τα δεδομένα, προστέθηκαν στη ζώνη αποκλεισμού και άλλα γήπεδα εκτός σχεδίου στο Δήμο Ιωαννιτών τα οποία περιλαμβάνουν δημοτικά και δημόσια κτίρια, αθλητικές εγκαταστάσεις, πάρκα, εκκλησίες κ.α.





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 14 Χάρτης λοιπών ακατάλληλων περιοχών

Ολοκληρώνοντας τη συλλογή των δεδομένων, σε αυτή τη φάση της έρευνας τα κριτήρια ομαδοποιήθηκαν όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία με τα κριτήρια καταλληλότητας, περιλαμβάνει όλα τα θεματικά επίπεδα τα οποία ταξινομήθηκαν σε 5 τάξεις και είναι εκείνα τα που θα συμμετέχουν στην ανάλυση ΑΗΡ, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει όλα τα κριτήρια που συνθέτουν τη ζώνη αποκλεισμού.

Για την επεξεργασία των δεδομένων της ζώνης αποκλεισμού, τα θεματικά επίπεδα συνενώθηκαν σε ένα επίπεδο το οποίο θα αφαιρεθεί από τα αποτελέσματα της ΑΗΡ στο τέλος αντιμετωπίζοντας έτσι το πρόβλημα των συγκρουόμενων κριτηρίων. Για παράδειγμα, ένα γήπεδο που βάσει χρήσεων γης θα μπορούσε να θεωρηθεί κατάλληλο από την ΑΗΡ, αν έχει χαρακτηριστεί ως δάσος από τους κυρωμένους δασικούς χάρτες θα αφαιρεθεί από το τελικό αποτέλεσμα.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Όσον αφορά τα θεματικά επίπεδα τα οποία συμμετέχουν στην ΑHP, η επέκταση που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό QGIS λέγεται EasyAHP και απαιτεί τα πρωτογενή δεδομένα να έχουν συγκεκριμένη μορφή. Έτσι, όλα τα θεματικά επίπεδα μετατράπηκαν σε ψηφιδωτά, με 5 διακριτές τιμές ψηφίδας από το 1 έως το 5 που αντιπροσωπεύουν μία υβριδική κλίμακα καταλληλότητας (δηλαδή ένα σημείο με τιμή 2 δεν είναι απαραίτητα δυο φορές πιο κατάλληλο από το 1 κ.ο.κ. αλλά υπάρχει ένα ποιοτικό διάστημα ταξινόμησης). Στην επαναταξινόμηση αυτή σε ενιαία τακτική κλίμακα, το 1 αντιπροσωπεύει τις εξαιρετικά κατάλληλες περιοχές ενώ το 5 τις σημαντικά λιγότερο κατάλληλες περιοχές. Ταυτόχρονα, έγιναν οι αντίστοιχες μορφοποιήσεις δεδομένων έτσι ώστε όλα τα ψηφιδωτά να έχουν την ίδια χωρική μονάδα αναφοράς, για να γίνει δυνατή η χαρτογραφική υπέρθεση των δεδομένων. Η σωστή διαμόρφωση, η εννοιολογική οργάνωση και ποσοτικοποίηση των κριτηρίων σε ενιαία κλίμακα και με ενιαία μονάδα αναφοράς, είναι ιδιαίτερα σημαντική για το στάδιο των υπολογισμών και για την εκτίμηση της ευαισθησίας του μοντέλου.

### 3.3 Υπολογισμός Βαρύτητας κριτηρίων και εφαρμογή σε περιβάλλον GIS

Στην ενότητα αυτή, αφού έχει προηγηθεί η ιεράρχηση του προβλήματος και ο καθορισμός των βασικών κριτηρίων, ακολουθεί η συγκριτική κατάταξή τους και πραγματοποιείται η σύνθεση ώστε να παραχθεί το τελικό αποτέλεσμα σύμφωνα με τους στόχους που έχουν τεθεί. Το τμήμα της ανάλυσης ΑHP που ακολουθεί, είναι αυτό το οποίο έχει υποστεί την περισσότερη κριτική, κυρίως για τον τρόπο διαχείρισης της αβεβαιότητας και της υποκειμενικότητας των αποφάσεων των εμπειρογνομόνων και ερευνητών, που εμπλέκονται στην υλοποίησή της. Για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων, αναπτύχθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες διάφορες παραλλαγές της ΑHP με σημαντικότερη την ασαφή Αναλυτική Ιεράρχηση (fuzzy AHP), η οποία βασίζεται στη θεωρία της ασαφούς λογικής (Dagdeviren, M. & I.Yuksel, 2008) αλλά για την ΧΠΚΑ στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η ΑHP.

Αρχικά, διαμορφώνεται ο πίνακας σύγκρισης ζευγών για την διαμόρφωση της στάθμισης, δηλαδή την απόδοση συντελεστών βαρύτητας και την ποσοτικοποίηση του βαθμού επιρροής κάθε κριτηρίου. Αξιοποιώντας τα παραγόμενα των προηγούμενων βημάτων, τοποθετούνται τα κριτήρια σε ένα πίνακα, στις στήλες και τις γραμμές, όπου το στοιχείο  $xy$  υποδηλώνει το αποτέλεσμα της σύγκρισης μεταξύ των κριτηρίων  $x$  και  $y$ . Ισχύει ότι  $xy = 1/yx$  και ότι  $xy=1$  για  $x=y$ . Οι κανόνες σύνθεσης των μεταβλητών ενσωματώνουν της προτιμήσεις των αναλυτών με τη



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

μορφή συντελεστών βαρύτητας που εκφράζουν την σχετική σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου. Η κλίμακα βαθμολόγησης που χρησιμοποιήθηκε είναι από το 1 έως το 5 όπου 1=ομοίως σημαντικά και 5=πολύ πιο σημαντικό και εκτελούνται  $(5*(5-1)/2)=10$  δέκα διαδοχικές συγκρίσεις ζευγών. Για τον υπολογισμό αυτό χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή EasyAHP, η οποία υπολογίζει τα σχετικά βάρη των στοιχείων ως εξής:

1. αθροίζονται κατά γραμμή τα στοιχεία του πίνακα
2. αθροίζεται η στήλη με τα αθροίσματα των γραμμών
3. το βάρος προκύπτει από το πηλίκο του αθροίσματος της γραμμής προς το συνολικό άθροισμα

Ο πίνακας με τα τελικά αποτελέσματα προκύπτει όπως φαίνεται στα επόμενα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΖΕΥΓΩΝ	ΚΛΙΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ CORINE LAND COVER	ΔΕΔΟΜΕΝΑ Ζ.Ο.Ε.	ΕΓΓΥΤΙΤΑ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	ΒΑΡΗ
ΚΛΙΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	1	0.333	4	2	3	0.262
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	3	1	5	3	4	0.405
ΔΕΔΟΜΕΝΑ CORINE LAND COVER	0.25	0.2	1	0.333	2	0.095
ΔΕΔΟΜΕΝΑ Ζ.Ο.Ε.	0.5	0.333	3	1	2	0.173
ΕΓΓΥΤΙΤΑ ΟΔΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	0.333	0.25	0.5	0.5	1	0.065

Πίνακας 7 Πίνακας σύγκρισης ζευγών

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές των ζευγών σύγκρισης εκτιμώνται με βάση την αύξηση της απόδοσης, ωστόσο δεν παύει να υπάρχει και η υποκειμενικότητα του ερευνητή, η οποία ενδεχομένως να επηρεάσει τη συνέπεια των συγκρίσεων και κατ' επέκταση των τελικών βαρών των κριτηρίων. Επειδή, λοιπόν, η μέθοδος δεν βασίζεται μόνο στην πληρότητα και αρτιότητα των δεδομένων, αλλά και στις κρίσεις των ερευνητών για τη σχετική σπουδαιότητα των παραμέτρων, κρίνεται απαραίτητος ο υπολογισμός του λόγου συνέπειας (Consistency Ratio -CR) με σκοπό να εξετασθεί κατά πόσο οι συγκρίσεις και προτιμήσεις που εκφράζονται είναι συνεπείς ή ευαίσθητες σε μικροαλλαγές. Ο λόγος αυτός δεν πρέπει ξεπερνά το 0,1 (<10%) για να είναι αποδεκτές οι συγκρίσεις, ώστε να θεωρηθεί ότι δεν πραγματοποιήθηκαν τυχαία. Σε



*«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*

περίπτωση που ο λόγος συνέπειας υπολογισθεί μεγαλύτερος από 0,1 ο πίνακας συγκρίσεων πρέπει να επανεξετασθεί. Βέβαια, ακόμα και αν ο δείκτης CR δεν είχε αποδεκτή τιμή, η μέθοδος AHP είναι μία απλή και εύκολα επανεκτελέσιμη μέθοδος ανάλυσης του χώρου ιδιαίτερα σε εφαρμογές χωροθετήσεων ειδικών χρήσεων γης. Για τον παραπάνω πίνακα ο λόγος CR υπολογίσθηκε σε 0.053 η οποία είναι μία αποδεκτή τιμή.

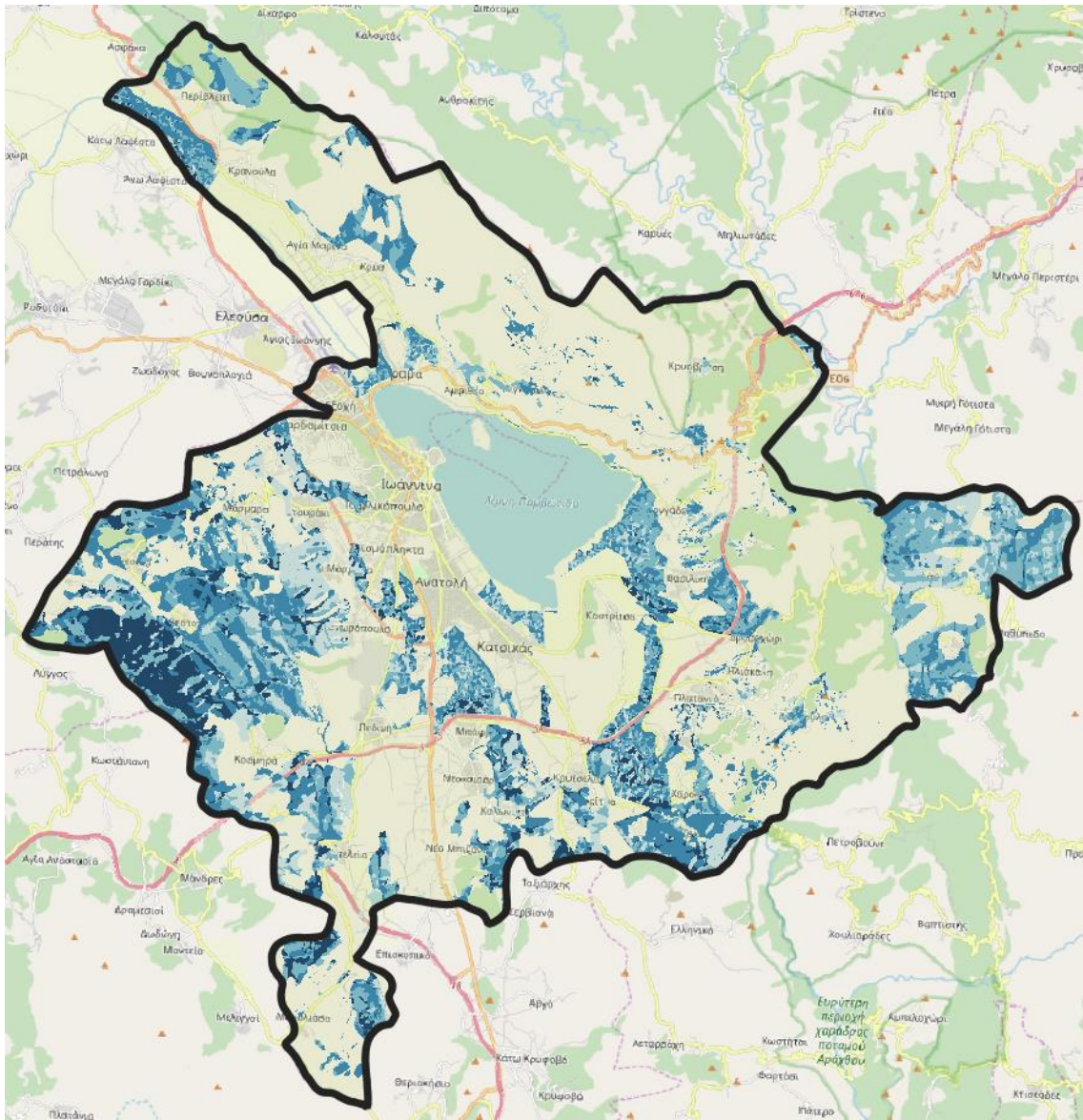
Στη συνέχεια με τη μέθοδο της χαρτογραφικής υπέρθεσης δημιουργείται ένα τελικός χάρτης ο οποίος υπολογίζεται από το άθροισμα των αντίστοιχων -σύμφωνα με την υπέρθεση- ψηφίδων πολλαπλασιασμένων με το συντελεστή βαρύτητας, επομένως και οι ψηφίδες του τελικού χάρτη θα λαμβάνουν τιμές μέχρι 5. Με τη σύνθεση αυτή οδηγούμαστε στη χαρτογράφηση της χωρικής κατανομής της καταλληλότητας στην περιοχή μελέτης και στη επιλογή της περιοχής με την μεγαλύτερη καταλληλότητα.










«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 15 Χάρτης αποτελεσμάτων ΑΗΡ

**Υπόμνημα**

-  Περισσότερο κατάλληλες περιοχές
-  Κατάλληλες περιοχές
-  Μέτρια κατάλληλες περιοχές
-  Λιγότερο κατάλληλες περιοχές
-  Σημαντικά λιγότερο κατάλληλες περιοχές





«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,







«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

### 4.1 Χάρτης καταλληλότητας

Για την παραγωγή του τελικού χάρτη, μετά τη σταθμισμένη άθροιση των ομογενοποιημένων τιμών των επιμέρους χαρτών με χαρτογραφική υπέρθεση, είναι σημαντικό να εξαιρεθούν όλες εκείνες οι περιοχές που διαμορφώνουν τη ζώνη αποκλεισμού. Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία για την χαρτογράφηση έχει και ο συμβολισμός και η μέθοδος ταξινόμησης της καταλληλότητας. Σε αυτού του είδους τον χάρτη επιλέχθηκε να συμβολιστεί η ζώνη αποκλεισμού με κόκκινο χρώμα και οι κατάλληλες περιοχές με διαβαθμίσεις του μπλε (σκούρο μπλε οι περισσότερο κατάλληλες περιοχές) έτσι ώστε να είναι άμεσα αναγνωρίσιμες οι περιοχές με τη μεγαλύτερη καταλληλότητα και οι περιοχές στις οποίες υπάρχουν περιορισμοί .

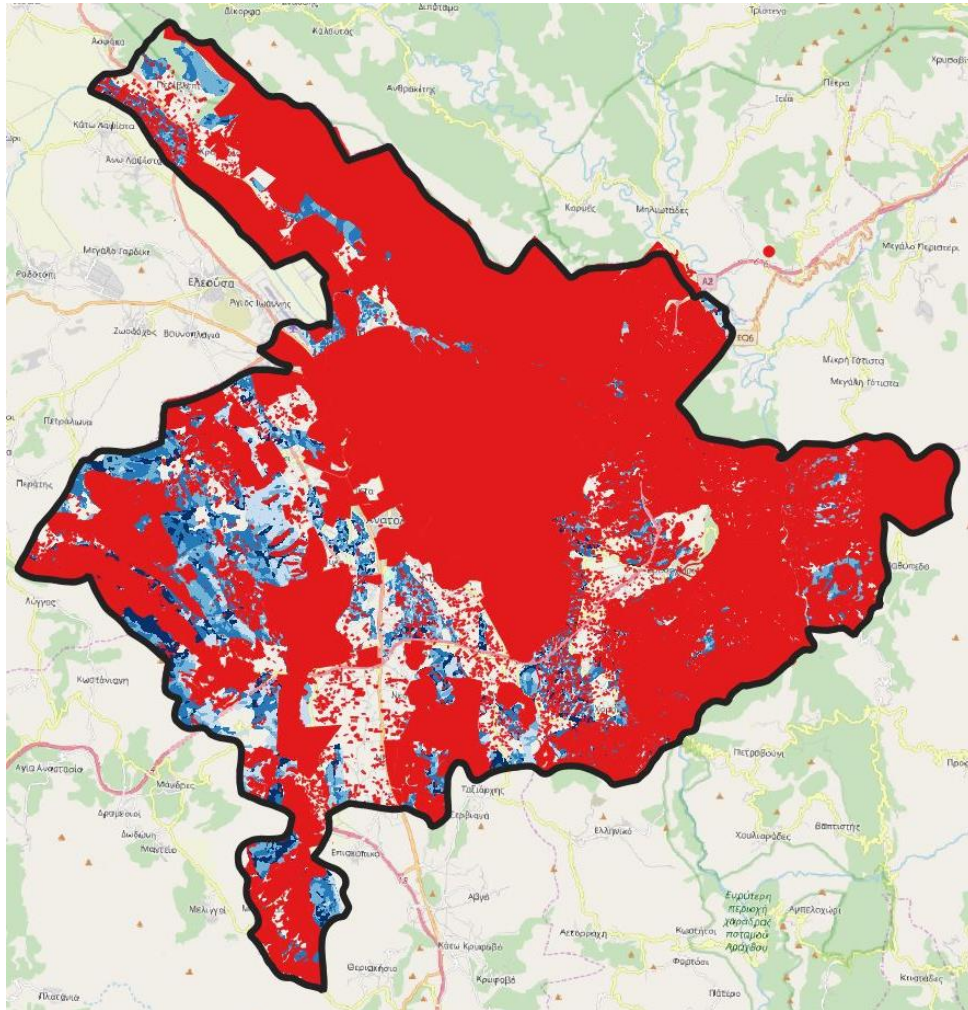
#### Υπόμνημα

-  Περισσότερο κατάλληλες περιοχές
-  Κατάλληλες περιοχές
-  Μέτρια κατάλληλες περιοχές
-  Λιγότερο κατάλληλες περιοχές
-  Σημαντικά λιγότερο κατάλληλες περιοχές
-  Ακατάλληλες περιοχές



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 16 Χάρτης κατάλληλων περιοχών για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού

Όπως φαίνεται στον παραγόμενο χάρτη, παρά το ότι αποκλείστηκαν και περιοχές που μετά από σχετικές αδειοδοτήσεις θα μπορούσαν να επιλεχθούν για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού, υπάρχουν ακόμα γήπεδα τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για αυτό το σκοπό ή τουλάχιστον να εξεταστούν στον ΔΕΔΔΗΕ ως προς τη δυναμικότητα εξυπηρέτησης της γραμμής μέσης τάσης. Η συγκέντρωση των έντονα μπλε περιοχών παρατηρείται στην δυτική περιοχή του Δήμου και στη νότια περιοχή. Οι περιοχές που φαίνονται χωρίς αποτελέσματα στην ανάλυση, οι οποίες ταυτόχρονα δεν είναι στη ζώνη ακαταλληλότητας, είναι πολύγωνα με χρήση γης που εξαιρέθηκαν στο θεματικό επίπεδο του Corine Land Cover.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

#### 4.2 Επιλογή περιοχών χωροθέτησης φωτοβολταϊκών σταθμών για virtual net-metering

Η επικύρωση της ανάλυσης και η πιστοποίηση του μοντέλου γίνεται με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων σε σχέση με την πραγματική κατάσταση. Έτσι, στην ενότητα αυτή, έχοντας λάβει δεδομένα από το περιουσιολόγιο του Δήμου Ιωαννιτών για τα δημοτικά αγροτεμάχια, επιλέγεται τυχαία ένα γήπεδο ιδιωτικής ιδιοκτησίας, που να συγκεντρώνει κάλυψη ψηφίδων υψηλής καταλληλότητας για να αξιολογηθεί το κόστος και η απόδοση της εγκατάστασης. Για τον υπολογισμό της απόδοσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PVGIS, εφαρμογή που υπολογίζει τον ηλιασμό του γηπέδου ανάλογα με τη θέση, την κλίση, τα εμπόδια αλλά και τα εγκατεστημένα συστήματα.

Θεωρούμε, λοιπόν, ότι θα κατασκευαστεί φωτοβολταϊκός σταθμός 500 KWp με πολυκρυσταλλικά πάνελ ισχύος 340Wp, διάστασης 0,992 \* 1,960, για τον οποίο απαιτούνται 1470 φωτοβολταϊκά πάνελ, των οποίων το προβολικό εμβαδό στο έδαφος δημιουργεί κάλυψη 2639,41τ.μ. Η απόσταση μεταξύ των πάνελ για αποφυγή της σκίασης, είναι μεταξύ κάθε σειράς διάταξης ζεύγους σε «πορτρέτο» (οι στηρίξεις εδάφους τοποθετούνται κατά μήκος της μικρότερης πλευράς) 4 μ., δηλαδή απαιτούμενος ακάλυπτος χώρος εμβαδού τουλάχιστον 2916,48 τ.μ.. Τέλος, από τα όρια του οικοπέδου η περίφραξη απαιτείται να βρίσκεται σε απόσταση 2.5μ επομένως θεωρούμε ότι το τεμάχιο δε μπορεί να είναι μικρότερο των 7 στρεμμάτων. Σύμφωνα με τους πολεοδομικούς κανονισμούς, για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού, η κάλυψη του οικοπέδου δεν μπορεί να ξεπερνά το 60%, απαίτηση που ικανοποιείται από τα παραπάνω.

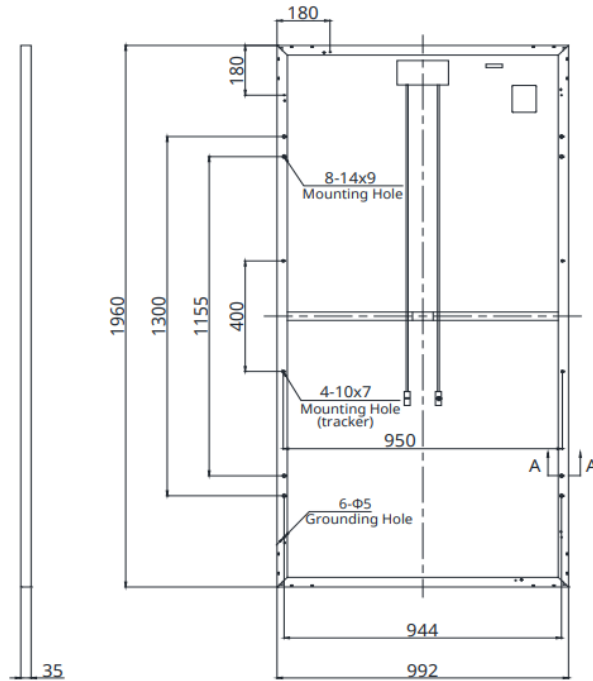


«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

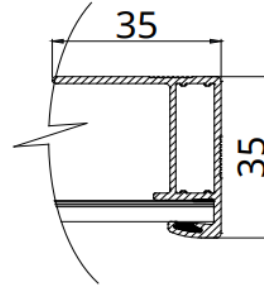
«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## ENGINEERING DRAWING (mm)

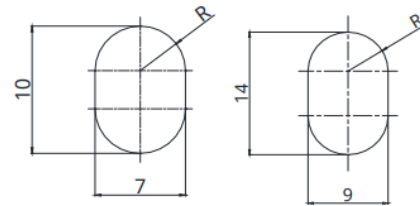
### Rear View



### Frame Cross Section A-A



### Mounting Hole



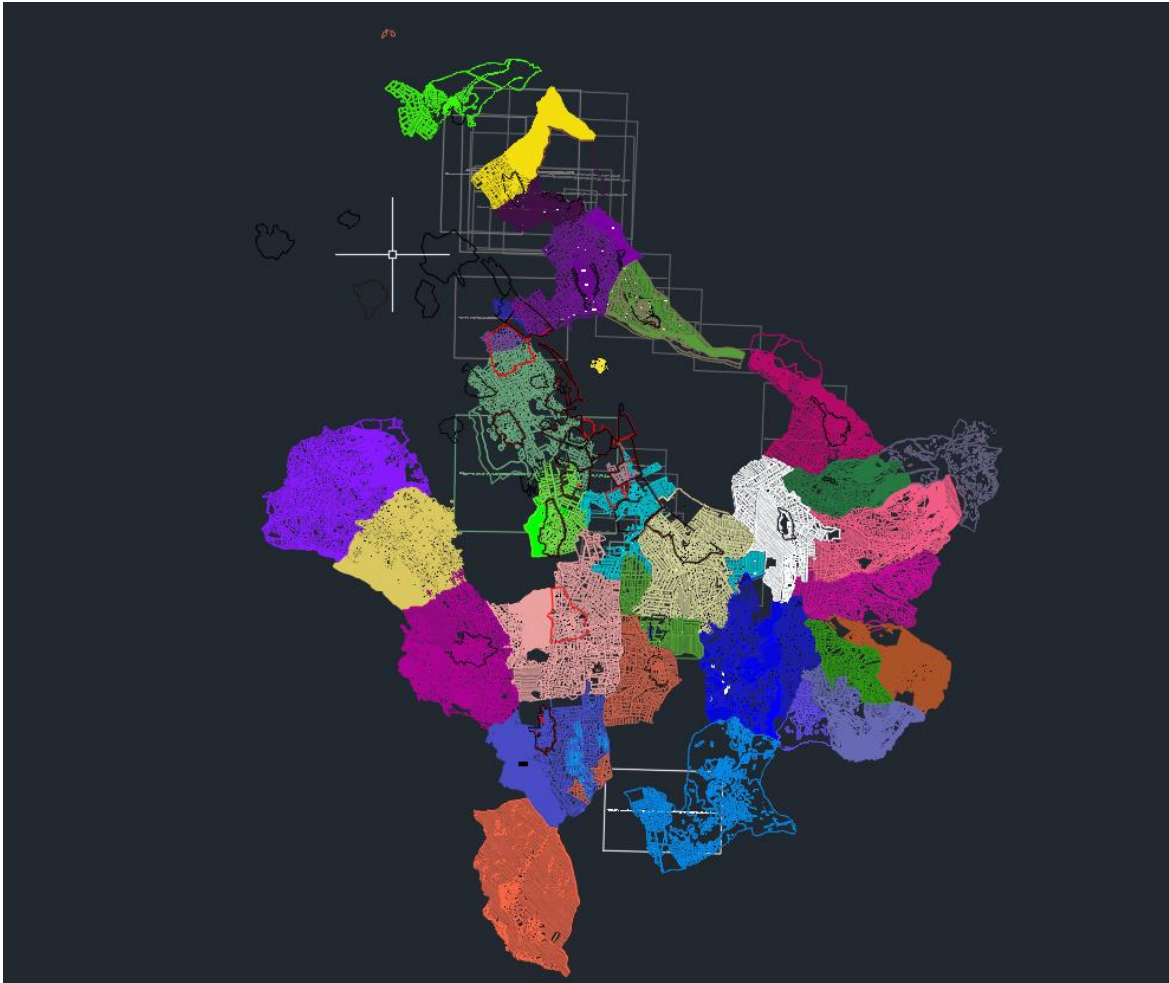
Εικόνα 17 Σχέδιο φωτοβολταϊκού πάνελ

Από δεδομένα του περιουσιολογίου του Δήμου Ιωαννιτών, εντοπίζονται όλα εκείνα τα γήπεδα που είναι ανεκμετάλλευτα και δεν έχει γίνει κάποια μελέτη αξιοποίησης, τα οποία εμπεριέχονται στις κατάλληλες περιοχές.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



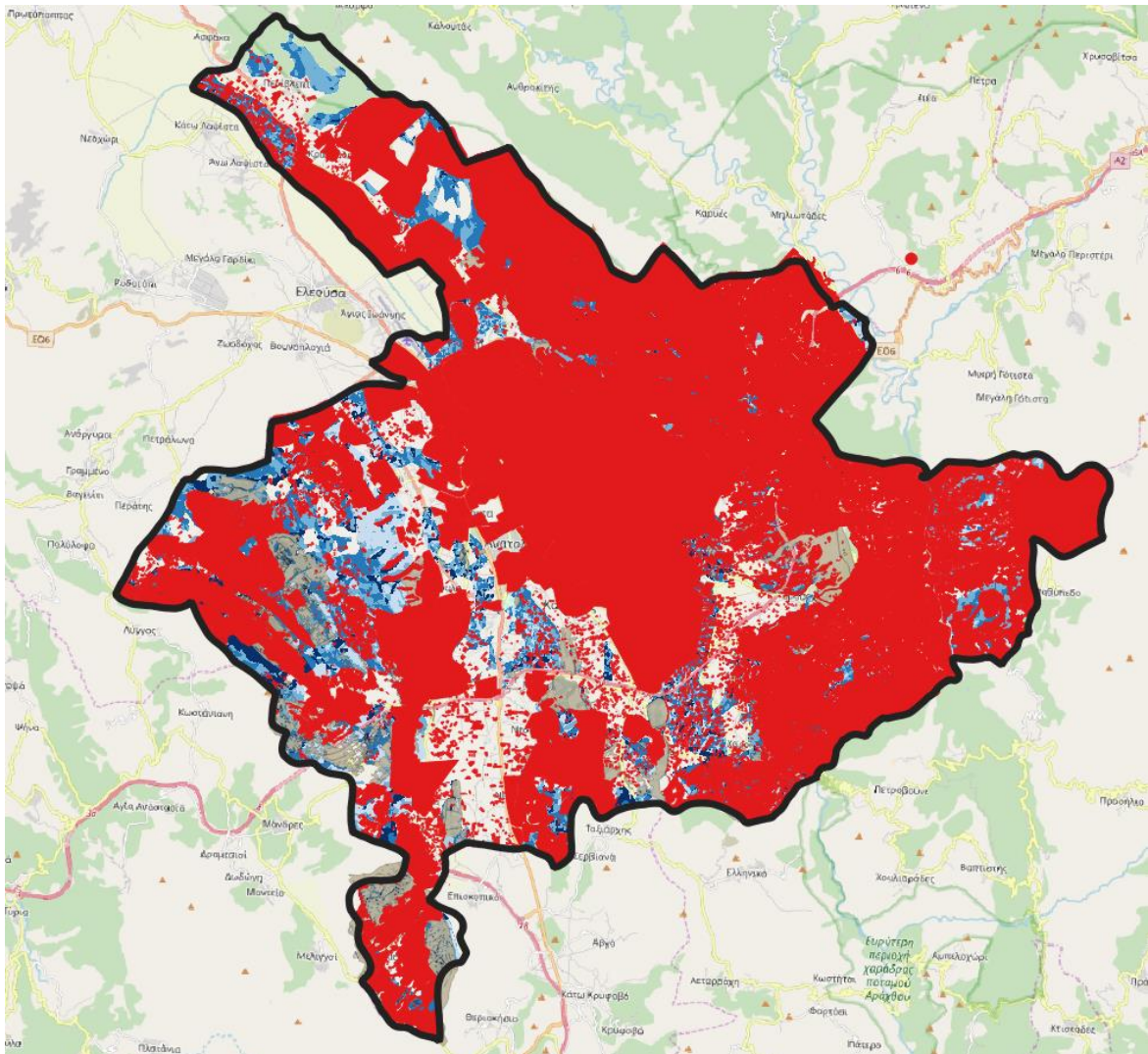
Εικόνα 18 Χάρτης με δεδομένα δημοτικών εκτάσεων





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



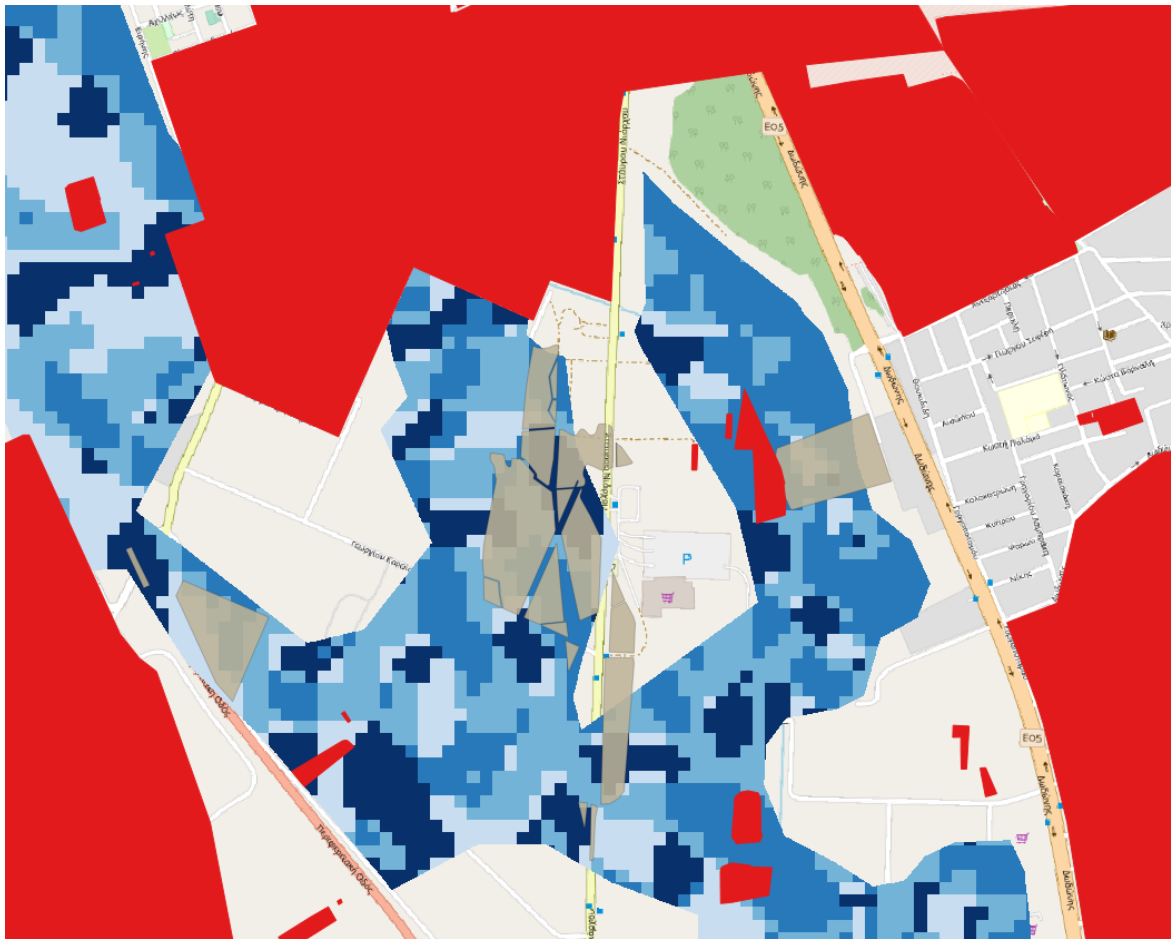
Εικόνα 19 Χάρτης καταλληλότητας με υπέρθεση δημοτικών εκτάσεων.

Αρχικά, επιλέχθηκαν γήπεδα που έχουν υψηλό βαθμό καταλληλότητας και βρίσκονται κοντά στην πόλη των Ιωαννίνων. Η πρώτη επιλογή αφορούσε γήπεδο με μέτωπο σε μεγάλη περιφερειακή οδό, εμβαδού 12 στρεμμάτων το οποίο ο Δήμος μίσθωνε μέχρι περίπου το 2010 σε ιδιώτη, αλλά υπήρχε σχετική μελέτη κατασκευής ισόπεδου κόμβου, οπότε επιλέχθηκε το δεύτερο κοντινότερο τεμάχιο στην πόλη των Ιωαννίνων, με υψηλό βαθμό καταλληλότητας.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

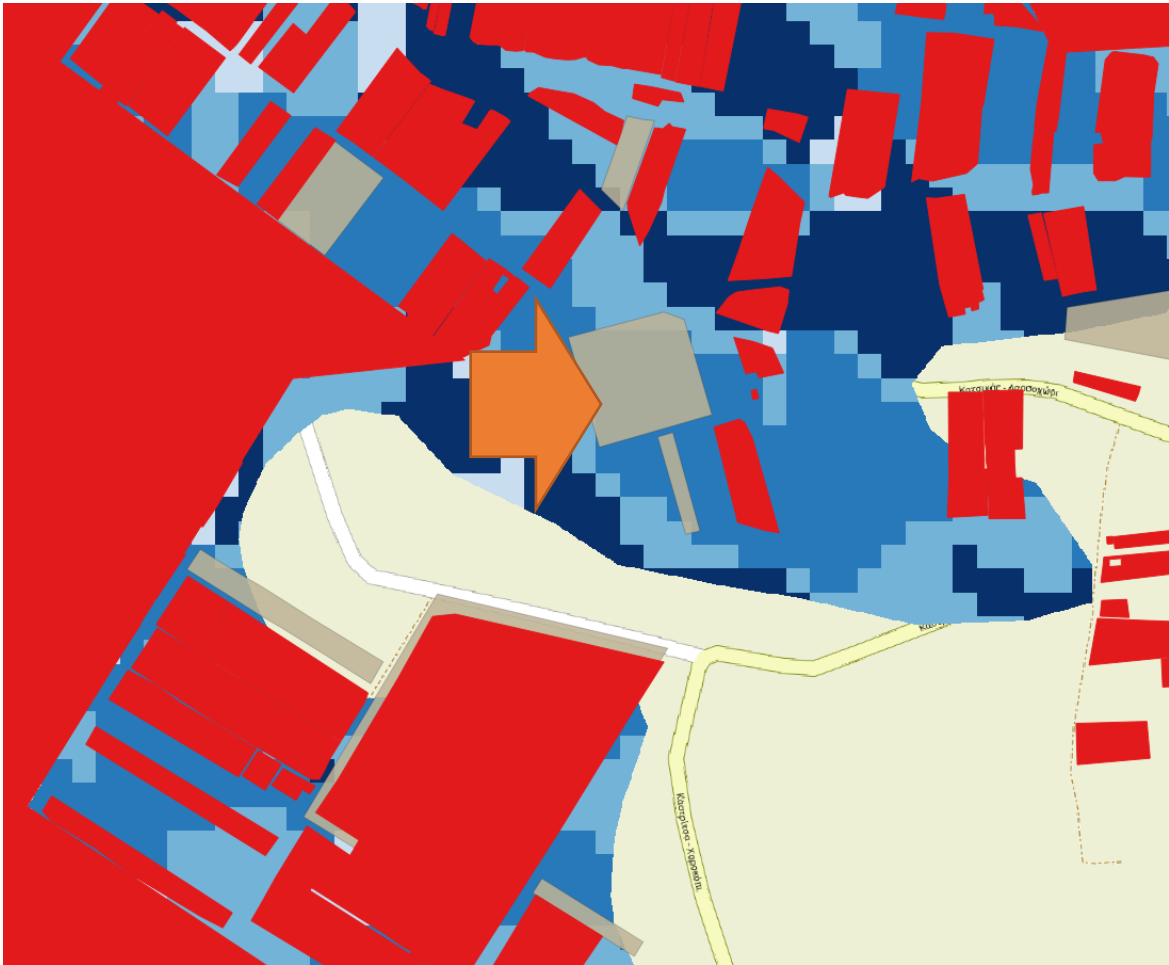


Εικόνα 20 Δημοτική έκταση κατάλληλη για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 21 Δημοτική έκταση κατάλληλη για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού σταθμού

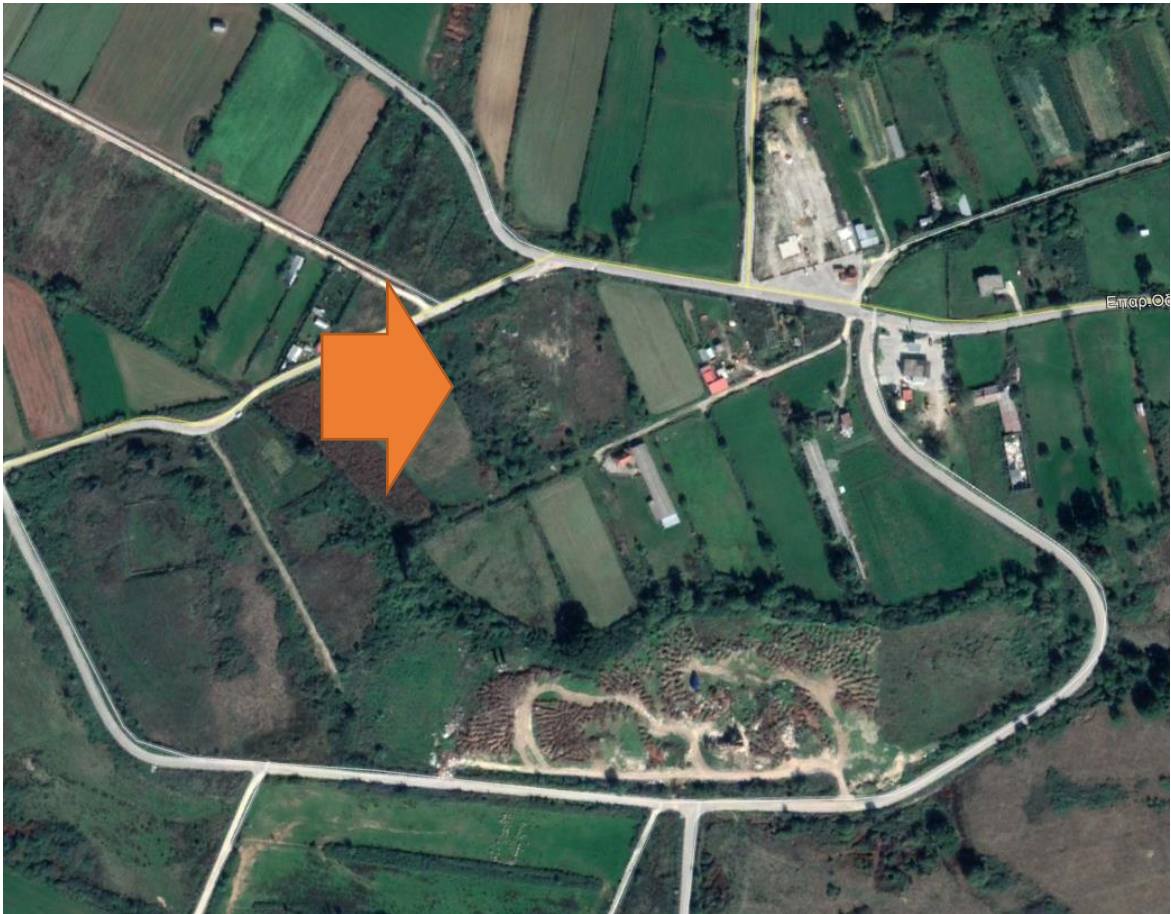




«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Η δεύτερη δημοτική έκταση που εξετάζεται, είναι γήπεδο 14 στρεμμάτων, με μέτωπο στην επαρχιακή οδό Ανατολής – Ιωαννίνων και είναι στη δεύτερη τάξη καταλληλότητας. Το γήπεδο δεν έχει καμία εγκατεστημένη χρήση και παρουσιάζει μικρή κάλυψη από χαμηλή βλάστηση και θάμνους.



Εικόνα 23 Αεροφωτογραφία της υπό εξέταση δημοτικής έκτασης



Εικόνα 22 Δημοτική έκταση



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Για εν λόγω δημοτική έκταση, καταχωρήθηκαν τα δεδομένα της εγκατάστασης στην πλατφόρμα του PVGIS και από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι η ετήσια παραγωγή θα ανέρχεται σε **674153.24 kWh**.

**PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM**

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.632, 20.937  
Elevation (m): 484

Use terrain shadows:  
 Calculated horizon  
 Upload horizon file

PERFORMANCE OFF GRID-CONNECTED PV

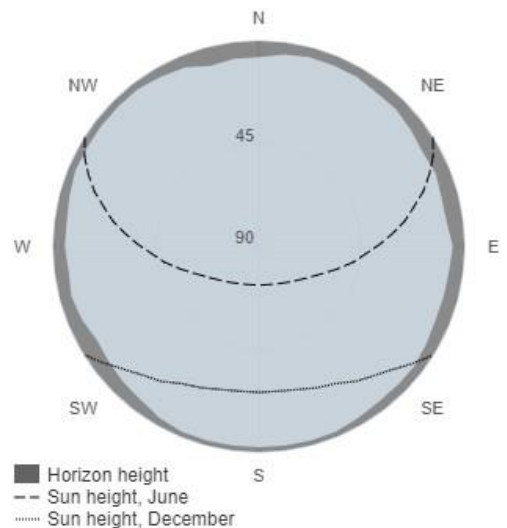
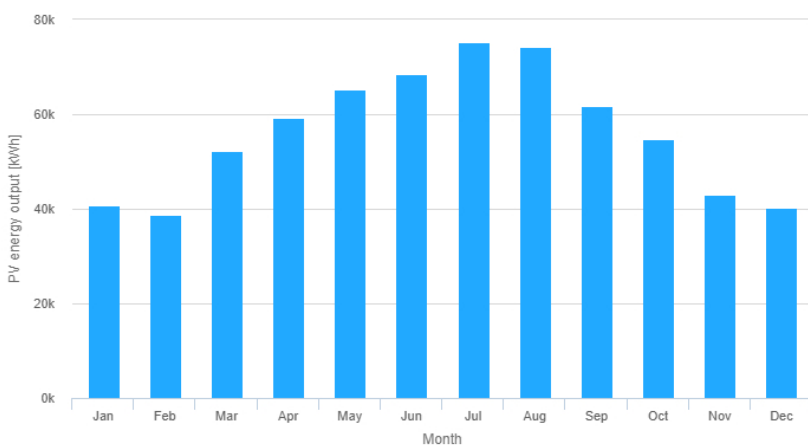
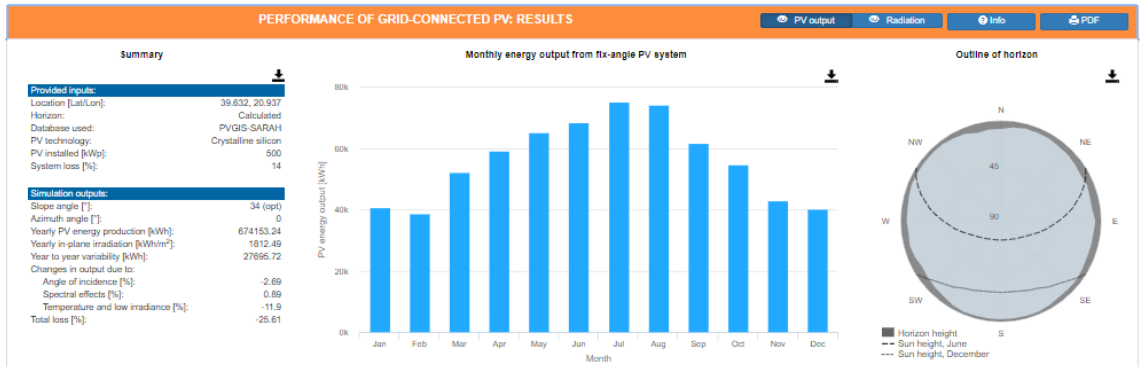
Solar radiation database: PVGIS-SARAH  
PV technology: Crystalline silicon  
Installed peak PV power [kWp]: 500  
System loss [%]: 14

Fixed mounting options  
Mounting position: Building integrated  
Slope [°]: 35  
Azimuth [°]:  
 Optimize slope  
 Optimize slope and azimuth

PV electricity price  
PV system cost (your currency):  
Interest [%/year]:  
Lifetime [years]:

Visualize results

Address: Eg. Ispra, Italy  
Lat/Lon: 39.38, 20.56



Διπλωματική Εργασία



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Εικόνα 24 Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση

<b>Δεδομένα Υπολογισμού απόδοσης</b>	
Latitude/Longitude	39.632 / 20.937
PV installed	500 kWp
System loss	14 %
Slope angle	34 (opt) °
<b>Yearly PV energy production</b>	<b>674153.24 kWh</b>
Yearly in-plane irradiation	1812.49 kWh/m <sup>2</sup>
Year to year variability	27695.72 kWh

Πίνακας 8 Δεδομένα υπολογισμού απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση

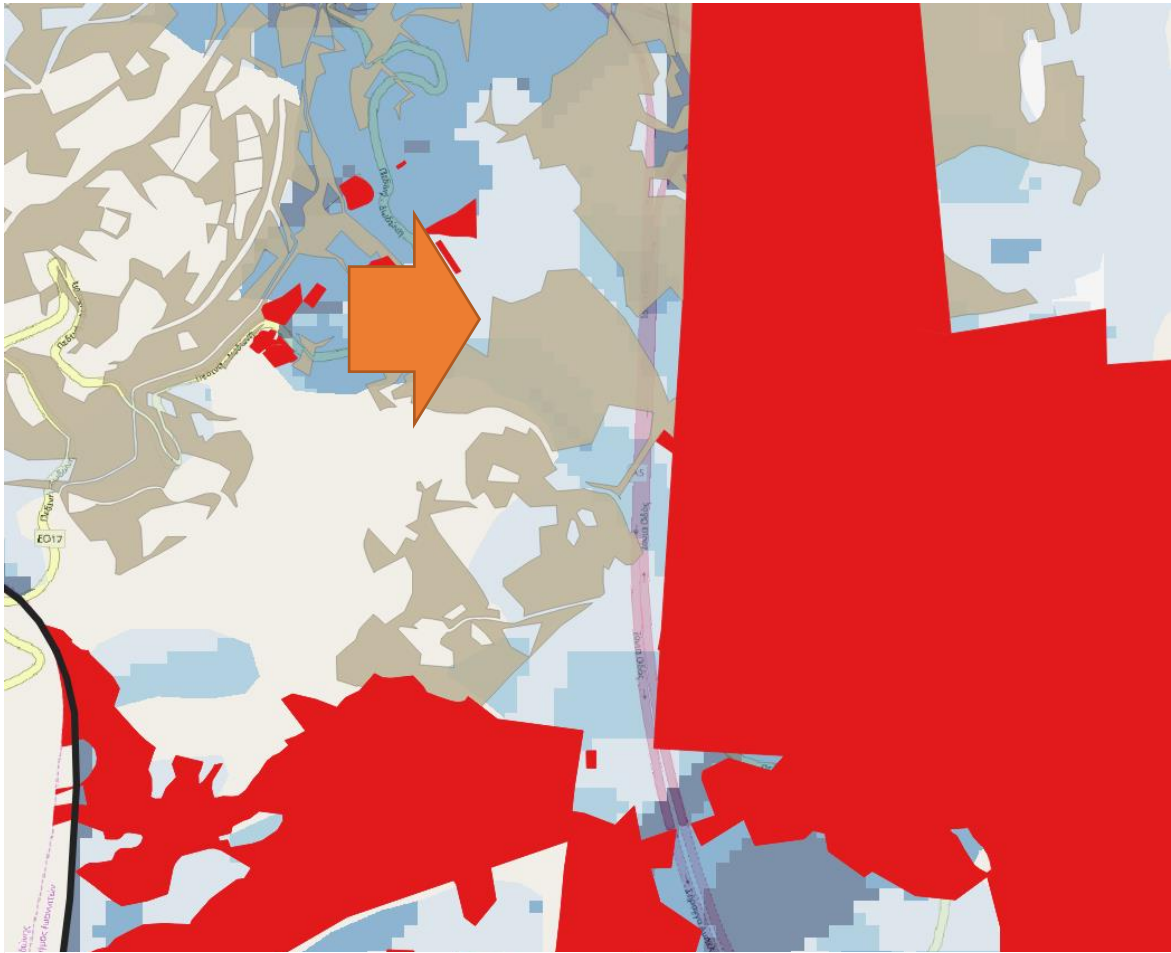
Για την σύγκριση της αξιοπιστίας της ανάλυσης, το δεύτερο γήπεδο που επιλέχθηκε, ήταν δημοτική έκταση, εν γένει κατάλληλη αλλά με χαμηλό βαθμό καταλληλότητας. Η έκταση αυτή έχει συνολικό εμβαδό που ξεπερνά τα 100 στέμματα, αλλά η περιοχή με την πιο χαμηλή καταλληλότητα είναι 42 στρέμματα.





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»



Εικόνα 25 Λιγότερο κατάλληλη δημοτική έκταση για χωροθέτηση φωτοβολταϊκού σταθμού



Εικόνα 26 Αεροφωτογραφία δεύτερης υπό εξέταση δημοτικής έκτασης



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.576, 20.821  
Elevation (m): 653

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

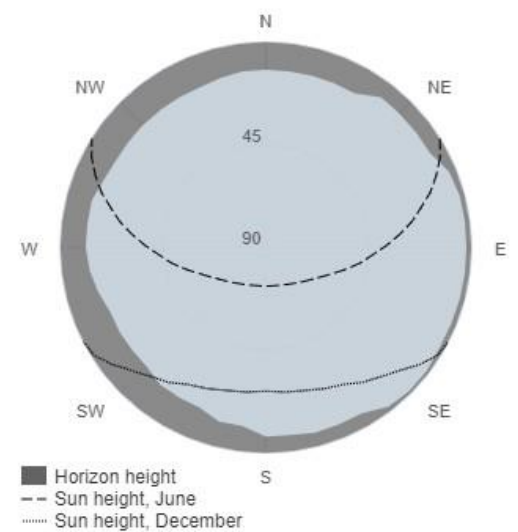
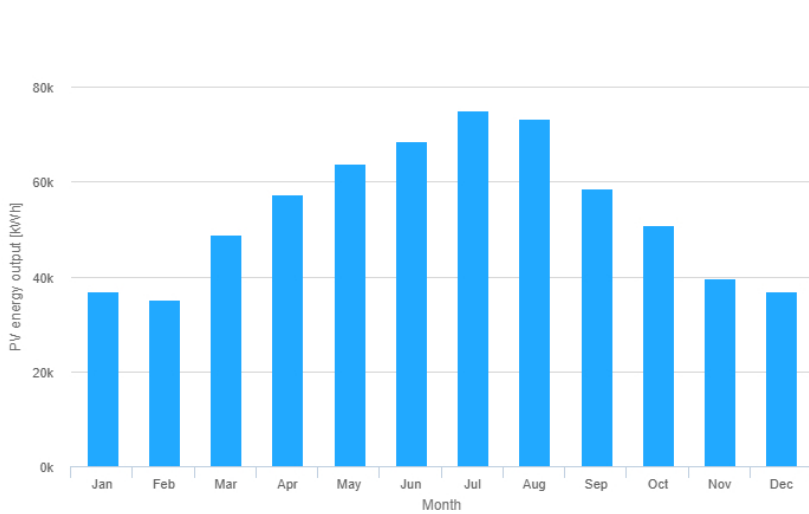
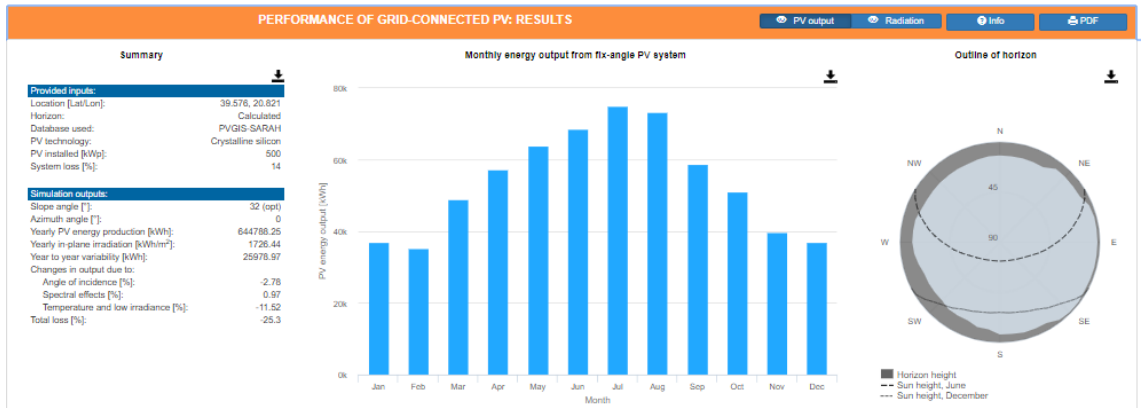
PERFORMANCE OFF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database: PVGIS-SARAH  
PV technology: Crystalline silicon  
Installed peak PV power [kWp]: 500  
System loss [%]: 14

Fixed mounting options  
Mounting position: Building integrated  
Slope [°]: 35  
Azimuth [°]:  
 Optimize slope  
 Optimize slope and azimuth

PV electricity price  
PV system cost (your currency):  
Interest [%/year]:  
Lifetime [years]:

Address: Eg. Ispra, Italy  Lat/Lon:





«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

Εικόνα 27 Υπολογισμός απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση

<b>Δεδομένα Υπολογισμού απόδοσης</b>	
Latitude/Longitude	39.576 / 20.821
PV installed	500 KWp
System loss	14 %
Slope angle	32 (opt) °
<b>Yearly PV energy production</b>	<b>644788.25 kWh</b>
Yearly in-plane irradiation	1726.44 kWh/m <sup>2</sup>
Year to year variability	25978.97 kWh

Πίνακας 9 Δεδομένα υπολογισμού απόδοσης φωτοβολταϊκού σταθμού σε δημοτική έκταση

Από τις υπολογιζόμενες παραγωγές ηλεκτρικής ενέργειας του κάθε τεμαχίου παρατηρείται πτώση απόδοσης του σταθμού 5%, μεταξύ γηπέδων της δεύτερης και τέταρτης τάξης καταλληλότητας.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 5 Συμπεράσματα, διαπιστώσεις, προοπτικές

Συνοψίζοντας, αφού προσδιορίστηκε το βασικό περίγραμμα του προβλήματος και παρουσιάστηκαν τα χαρακτηριστικά της μοντελοποίησης, εκτελέστηκαν αποτελεσματικά οι φάσεις της πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η μέθοδος της ΑΗΡ που παρουσιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε στα παραπάνω, είναι ένας ρητός και εύκολα επανεκτελέσιμος τρόπος ανάλυσης του χώρου, ο οποίος εφαρμόζεται εύκολα και προβλέπει και τον έλεγχο των ασυνεπειών. Με τη μέθοδο αυτή, επειδή το πρόβλημα αποσυντίθεται σε ιεραρχικά επίπεδα και μονάδες, επιτυγχάνεται η σε βάθος ανάλυση των κριτηρίων, η πληρέστερη κατανόηση του υπό μελέτη προβλήματος και η ευκολότερη ποσοτικοποίηση της καταλληλότητας. Η κλίμακα καταλληλότητας στην οποία κατέληξε η ανάλυση δεν είναι μία τακτική κλίμακα, αλλά μία κλίμακα υβριδικού χαρακτήρα, η οποία αποτιμά το ποιοτικό χαρακτηριστικό της καταλληλότητας με αυθαίρετο μέγεθος μέτρησης τους βαθμούς καταλληλότητας.

Συμπερασματικά, η μέθοδος της ΑΗΡ δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για την ανάλυση του χώρου και τη χωροθέτηση ειδικών χρήσεων γης, αλλά απαιτεί τόσο την πληρότητα των δεδομένων, όσο και την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη αντικειμενικότητα του ερευνητή. Έτσι, στην παρούσα μελέτη, αν και τα κριτήρια ήταν αυστηρά και όπως αναφέρθηκε και στα παραπάνω στη ζώνη αποκλεισμού εμπεριέχονται περιοχές που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για αυτή τη χρήση μετά από σχετικές αδειοδοτήσεις, ο χάρτης καταλληλότητας υπέδειξε αρκετά τμήματα του Δήμου Ιωαννιτών, στα οποία θα μπορούσε να γίνει εγκατάσταση ΦΒ σταθμού.

Όσον αφορά της προτεινόμενη χρήση των γηπέδων από μία ενεργειακή κοινότητα, αν και ο εξεταζόμενος σταθμός έχει σχετικά χαμηλή ισχύ, τέτοιες πρωτοβουλίες θα οδηγήσουν στα δίκτυα της νέας εποχής στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, τα μικροδίκτυα. Μέσω αυτών των λύσεων συνδυασμένων με άλλες μονάδες παραγωγής (μικρό-τουρμπίνες, μικρές ανεμογεννήτριες, κυψέλες καυσίμου, κλπ.) και με συσκευές αποθήκευσης ενέργειας, ο συνεταιρισμός θα μπορεί να λειτουργεί ως μία ενιαία οντότητα, που θα εκτελεί συντονισμένο έλεγχο για τα πλεονάσματα και τα ελλείματα ενέργειας. Παράλληλα, τέτοιες οντότητες, μέσω του μηχανισμού του virtual net metering, θα μπορούν να λειτουργούν είτε διασυνδεδεμένες στο δίκτυο, είτε νησιδοποιημένες για να καλύπτουν τις ανάγκες τις ίδιας της κοινότητας. Αυτά τα πρωτοποριακά γνωρίσματα των νέων αυτών εγχειρημάτων, απαιτούν συστηματική έρευνα και πολυκριτηριακή ανάλυση για την αξιολόγηση της βιωσιμότητάς τους.



*«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*

Αναφορικά σε προτάσεις αξιοποίησης και βελτιστοποίησης των αποτελεσμάτων σε συνέχεια της μελέτης αυτής, εντοπίστηκαν τα εξής σημεία τα οποία θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με διαφορετική προσέγγιση. Αρχικά, με δεδομένο το νέο σχέδιο νόμου που τέθηκε πρόσφατα σε δημόσια διαβούλευση για την αξιοποίηση της γης υψηλής παραγωγικότητας για χωροθέτηση έργων ΑΠΕ, θεωρείται σκόπιμο σε νέα πολυκριτηριακή ανάλυση να μην εξαιρεθούν οι γεωργικές γαίες. Η γεωργική γη στη χώρα, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ, ανέρχεται σε 32,54 εκατ. στρέμματα (στατιστικά για το 2016 δημοσιευμένα το Σεπτέμβριο του 2018), εκ των οποίων καλλιεργούνται τα 29 εκατ. στρέμματα. Η υπόλοιπη έκταση, είναι σημαντικά μεγαλύτερη της έκτασης που καταλαμβάνουν οι εγκαταστάσεις ΦΒ στη χώρα μας (περίπου 80 φορές) και επομένως υπάρχει σημαντικό περιθώριο αξιοποίησης της γης υψηλής παραγωγικότητας προς αυτή την κατεύθυνση. Επίσης, εφόσον υπό προϋποθέσεις επιτρέπεται η χωροθέτηση σε δασικές εκτάσεις μετά από σχετικές αδειοδοτήσεις, σε επόμενη εφαρμογή της μεθόδου θα ήταν σκόπιμο να μην εξαιρεθούν όλες οι δασικές εκτάσεις και να εξεταστούν έτσι και τεμάχια που θα επιτρέπουν χωροθέτηση σταθμών μεγαλύτερης ισχύος. Παράλληλα, σημαντικά πιο σαφή αποτελέσματα θα παρουσιάζονταν αν λαμβάνονταν υπόψη πραγματικά δεδομένα του δικτύου Μέσης Τάσης του ΔΕΔΔΗΕ. Το δίκτυο της μέσης τάσης στη χώρα μας δεν έχει αποτυπωθεί ως προς της οδεύσεις και τη στάθμη εξυπηρέτησης των γραμμών με αποτέλεσμα, γήπεδα που υποδεικνύονται από την ανάλυση στην πραγματικότητα να μην μπορούν να αξιοποιηθούν λόγω πλήρωσης του φορτίου της γραμμής μέσης τάσης που εξυπηρετεί την περιοχή.

Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαία η ύπαρξη ενός σχεδιασμού σε ευρύτερη κλίμακα, που θα εστιάζει στην αξιοποίηση εκτάσεων για χωροθέτηση φωτοβολταϊκών σταθμών, θα ορίζει επαρκώς και συγκεκριμένα τις κατάλληλες περιοχές λαμβάνοντας υπόψη πολεοδομικές και περιβαλλοντικές κατευθύνσεις και θα ευνοεί την ανάπτυξη των μικροδικτύων μέσω συνεταιρισμών που θα συμμετέχει η τοπική αυτοδιοίκηση.





«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

## 6 Βιβλιογραφία

- Dagdeviren, M., & I.Yuksel. (2008). *Developing a fuzzy analytic hierarchy process (AHP) model for behavior-based safety management*. Information Sciences.
- Guarini, M., Battisti, F., & Chiovitti, A. (2018, Φεβρουάριος 13). *A Methodology for the Selection of Multi-Criteria Decision Analysis Methods in Real Estate and Land Management Processes*. Ανάκτηση από MDPI Open Access Journals: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/507>
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Malczewski, J. (2006). *GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature*. International Journal of Geographical Information Science.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria methodology for desicion aiding*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Saaty, T. (1978). *Modeling Unstructured Decision Problems-The Theory of Analytical Hierarchies, Mathematics and Computers in Simulation* (Τόμ. XX:147- 158).
- Saaty, T. L. (1987). *The Analytic Hierarchy Process: What it is and how it is used. Math Modelling* (Τόμ. 9:161-176).
- Shepard, R. B. (2015). *Quantifying environmental impact assessments using fuzzy logic*. New York: Springer.Smith, M.J., Goodchild, M.F., & Longley, P.A. Ανάκτηση από [www.spatialanalysisonline.com](http://www.spatialanalysisonline.com)
- Wikipedia. (2019, Νοέμβριος 17). *Multiple-criteria decision analysis*. Ανάκτηση από Wikipedia, the free encyclopedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple-criteria\\_decision\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple-criteria_decision_analysis)
- Αλατζάς, Σ. (2010). *Ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών για βιώσιμες ενεργειακά κοινότητες*. Αθήνα: Διπλωματική εργασία. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών υπολογιστών Ε.Μ.Π.
- Γενική Γραμματεία ενέργειας & ορυκτών πρώτων υλών. (2014). *Υουργική Απόφαση. Εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας κατ' εφαρμογή του άρθρου 14Α του ν.3468/2006*. Αθήνα.



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

ΔΑΠΕΕΠ. (2019, Ιούλιος). *ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΕΙΓΜΑ 2018*. Ανάκτηση από ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΓΓΥΗΣΕΩΝ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΜΕΙΓΜΑΤΟΣ:  
[http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/2018\\_ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ\\_ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ\\_ΜΕΙΓΜΑ.pdf](http://www.lagie.gr/fileadmin/groups/EDSHE/2018_ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ_ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ_ΜΕΙΓΜΑ.pdf)

Δούκας, Χ. Ξ. (2015). *Πολυκριτηριακά συστήματα υποστήριξης αποφάσεων. Σημειώσεις Μαθήματος*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών. Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών διατάξεων & συστημάτων αποφάσεων.

Θωμά, Μ. (2012). *Διπλωματική εργασία: Μελέτη επίπτωσης σύνδεσης φωτοβολταϊκών στα δίκτυα διανομής μέσης τάσης*. Αθήνα: Ε.Μ.Π. Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Παπαγιάννης, Κ. (2017). *Ενεργειακοί Συνεταιρισμοί*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, ΔΠΜΣ Δίκαιο και Μηχανική της Ενέργειας.

Σχέδιο Νόμου. (2018). *Απελευθέρωση αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των ΑΠΕ*. Ανάκτηση από <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2019/11/sxedionomou.pdf>

Τρίκουλα, Δ. (2019). Η χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης στην επίλυση του προβλήματος υποβάθμισης της λίμνης παμβώτιδας απο τις χρήσεις γης στις παραλίμνιες περιοχές. Αθήνα: Μεταπτυχιακή εργασία: Δ.Π.Μ.Σ. του Ε.Μ.Π. «Περιβάλλον και Ανάπτυξη».

*Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 ΚΥΑ ως προς την αντιστοίχιση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία*. (2004, Νοέμβριος 11). Ανάκτηση από ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ: [https://helapco.gr/pdf/kya19500\\_2004.pdf](https://helapco.gr/pdf/kya19500_2004.pdf)

Τσέκερης, Δ. (2017). Το νέο νομοθετικό πλαίσιο για την υλοποίηση έργων ΑΠΕ από τις Ενεργειακές Κοινότητες στην Ελλάδα. Αθήνα: Ειδικός Σύμβουλος για θέματα ΑΠΕ & ΗΛ. Ενέργειας.

ΦΕΚ. (1989). 297 Καθορισμός Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου. *ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ*.

ΦΕΚ. (2004). 1671 Αριθ. Δ6/Φ1/οικ. 19500. *ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ*, 2-3. Ανάκτηση από [https://helapco.gr/pdf/kya19500\\_2004.pdf](https://helapco.gr/pdf/kya19500_2004.pdf)



«Εξάρχον Ουρανία Ιωάννα»,

«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»

- ΦΕΚ. (2008). Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού. Ανάκτηση από ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=zkmN5DrZKKo%3D&tabid=513>
- ΦΕΚ. (2010, Σεπτέμβριος 22). Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές. Ανάκτηση από ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=hxKAVtnyW50%3D&tabid=508&language=el-GR>
- ΦΕΚ. (2017). Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει. *ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ*.
- ΦΕΚ. (2018, Ιανουάριος 23). *ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4513 Ενεργειακές Κοινότητες και άλλες διατάξεις*. Ανάκτηση από <https://www.taxheaven.gr/law/4513/2018>
- ΦΕΚ. (2019). Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 Εγκατάσταση σταθμών παραγωγής από αυτοπαραγωγούς με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού ή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού σύμφωνα με το άρθρου 14Α του ν. 3468/2006, όπως ισχύει, και από Ενεργειακές Κοινότητες με εφαρμογή εικονι. *ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ*.
- Χαλκιάς, Χ., & Γκούσια, Μ. (2015). Μεθοδολογία Αναλυτικής Ιεράρχησης. Στο Χ. Χαλκιάς, & Μ. Γκούσια, *Γεωγραφική ανάλυση με την αξιοποίηση της γεωπληροφορικής* (σ. κεφ 4). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 4. Ανάκτηση από Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4549>
- Χαλκιάς, Χ., & Γκούσια, Μ. (2015). Χωρική Πολυκριτηριακή Ανάλυση - Σταθμισμένη Χαρτογραφική Υπέρθωση. Στο Χ. Χαλκιάς, & Μ. Γκούσια, *Γεωγραφική ανάλυση με την αξιοποίηση της γεωπληροφορικής* (σ. κεφ 3). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Ανάκτηση από Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4548>



*«Εξάρχου Ουρανία Ιωάννα»,*

*«Πολυκριτηριακή Χωροθέτηση Έργων Α.Π.Ε.: Μελέτη Περίπτωσης Χωροθέτησης Φωτοβολταϊκού Πάρκου Σε Επίπεδο Ο.Τ.Α.»*