

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

---

**ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ  
ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟ  
ΚΙΛΕΛΕΡ - ΛΑΡΙΣΑ**

---

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΡΘΕΝΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΑΜ: 3019005**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ ΦΑΡΑΣΛΗΣ**

**ΛΑΡΙΣΑ**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διερευνά την χαρτογράφηση και τις οικολογικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων στον Δήμο Κιλελέρ. Συγκεκριμένα, εξετάζονται διάφορα βασικά ερωτήματα σχετικά με την ακριβή χαρτογράφηση των φωτοβολταϊκών πάρκων, τον υπολογισμό του κατακερματισμού με τη χρήση δεικτών τοπίου, την αξιολόγηση των επιπτώσεων στα οικοσυστήματα και την κατανόηση του ρόλου του δικτύου Natura 2000 στην περιοχή. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, χρησιμοποιήθηκε μια μεθοδολογία που συνδυάζει διανυσματικά δεδομένα φωτοβολταϊκών πάρκων, με τις χρήσεις γης του Corine Land Cover 2018. Οι μετρήσεις τοπίου, που υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας το πρόσθετο LecoS στο QGIS, πραγματοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του κατακερματισμού του τοπίου σε τρεις περιπτώσεις: 1) τις αρχικές χρήσεις γης της περιοχής, 2) τις χρήσεις γης παρουσία φωτοβολταϊκών και 3) τις χρήσεις γης με υφιστάμενα και υπό αξιολόγηση φωτοβολταϊκά πάρκα.

Τα βασικά ευρήματα αποκαλύπτουν ότι η πλειοψηφία των φωτοβολταϊκών πάρκων βρίσκεται εντός της περιοχής Natura 2000, διεγείροντας ανησυχίες για τον κατακερματισμό του τοπίου και τις πιθανές συνέπειές στην άγρια πανίδα, συμπεριλαμβανομένου του ευρωπαϊκά προστατευόμενου είδους της περιοχής, *Falco naumanni*. Ο βαθμός κατακερματισμού ποικίλλει μεταξύ των κατηγοριών κάλυψης γης, με τα φωτοβολταϊκά πάρκα να παρουσιάζουν σημαντική αύξηση. Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων, ιδίως στις περιπτώσεις 2 και 3, οδηγεί σε αυξημένο κατακερματισμό, θέτοντας σε κίνδυνο τη συνδεσιμότητα των οικοτόπων και τη συνολική υγεία του οικοσυστήματος.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της έρευνας υπογραμμίζουν την ανάγκη για βιώσιμες πρακτικές χρήσης γης και σχεδιασμό διατήρησης για τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεων του κατακερματισμού του τοπίου στις περιοχές και τα οικοσυστήματα Natura 2000.

**Λέξεις κλειδιά:** χαρτογράφηση, φωτοβολταϊκά πάρκα, μετρήσεις τοπίου, κατακερματισμός τοπίου, Natura 2000



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



## ABSTRACT

This thesis investigates the mapping and ecological impacts of photovoltaic parks in the Municipality of Kileler. The study examines several key questions regarding the accurate mapping of photovoltaic parks, the calculation of fragmentation using landscape metrics, the assessment of impacts on ecosystems, and the understanding of the role the Natura 2000 has in the area. To achieve these objectives, a methodology combining vector data of photovoltaic parks with land use data from the Corine Land Cover 2018 was used. Landscape metrics, calculated using the LecoS plugin of QGIS, were performed to assess landscape fragmentation in three cases: 1) the initial land uses of the area, 2) the land uses with existing photovoltaic parks, and 3) land uses with existing and under evaluation photovoltaic parks.

The key findings reveal that the majority of photovoltaic parks fall within the Natura 2000, raising concerns about landscape fragmentation and its potential consequences for wildlife, including the European-protected species of the area, *Falco naumanni*. The degree of fragmentation varies between land cover categories, with photovoltaic parks showing the most significant increase. The installation of photovoltaic parks, particularly in cases 2 and 3, leads to increased fragmentation, jeopardizing habitat connectivity and overall ecosystem health.

Finally, these findings highlight the need for sustainable land use practices and conservation planning to mitigate the adverse effects of landscape fragmentation on Natura 2000 sites and ecosystems.

**Keywords:** mapping, photovoltaic parks, landscape metrics, landscape fragmentation, Natura 2000



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	6
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	8
2.1 Επισκόπηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	8
2.1.1 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία και μετατροπή ηλιακής ενέργειας .....	8
2.1.2 Παγκόσμιες τάσεις και επέκταση φωτοβολταϊκών πάρκων.....	10
2.2 Οικολογικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων .....	11
2.2.1 Αλλαγές χρήσεων γης και διατάραξη των οικοτόπων.....	12
2.2.2 Αλλαγές στη βλάστηση και την ποιότητα του εδάφους.....	13
2.2.3 Επιδράσεις μικροκλίματος και φαινόμενο θερμικής νησίδας.....	14
2.3. Αξιολόγηση του κατακερματισμού του οικοσυστήματος .....	15
2.3.1 Οικολογία τοπίου και κατακερματισμός οικοτόπων.....	15
2.3.2 Οι μετρήσεις τοπίου ως εργαλεία οικολογικής αξιολόγησης.....	20
2.3.3 Επιλογή και εφαρμογή μετρικών τοπίου σε φωτοβολταϊκά πάρκα .....	23
2.3.4 Τηλεπισκόπηση και τεχνικές GIS για ανάλυση κατακερματισμού.....	25
2.3.5 Εισαγωγή στο Quantum GIS (QGIS) και στο πρόσθετο LecoS .....	27
2.3.6 Ενσωμάτωση Natura 2000 στην οικολογική αξιολόγηση .....	37
3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΙΛΕΛΕΡ.....	39
3.1 Υφιστάμενη κατάσταση.....	39
3.2 Προστατευόμενες – Οικολογικά ευαίσθητες περιοχές.....	40
3.3 Κατηγορίες κάλυψης γης.....	42
3.4 Υλικά και Μέθοδοι .....	42
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	46
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	65



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Εικόνα 1.</b> Ηλιακή κυψέλη, πάνελ, συστοιχία και φωτοβολταϊκό σύστημα (επεξεργασμένο από Kim et al., 2022). .....	9
<b>Εικόνα 2.</b> Η επίπτωση του κατακερματισμού στα φυσικά οικοσυστήματα (ιδία επεξεργασία).....	16
<b>Εικόνα 3.</b> Χωρική δομή του τοπίου: βασικοί όροι (επεξεργασμένο από Gökger, 2013).....	19
<b>Εικόνα 4.</b> Αναπαράσταση των τριών επιπέδων μελέτης του τοπίου (ιδία επεξεργασία).....	23
<b>Εικόνα 5.</b> Δήμος Κιλελέρ (kileler.gov.gr). .....	39
<b>Εικόνα 6.</b> Προστατευόμενες και οικολογικά ευαίσθητες περιοχές πλησίον και εντός του Δήμου Κιλελέρ. ....	41
<b>Εικόνα 7.</b> Κατηγορίες κάλυψης γης στο Δ. Κιλελέρ (Corine Land Cover, 2018).....	42
<b>Εικόνα 8.</b> Εγκατεστημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί στον Δήμο Κιλελέρ. ....	46
<b>Εικόνα 9.</b> Κατηγορίες κάλυψης γης στον Δήμο Κιλελέρ. ....	48
<b>Εικόνα 10.</b> Κατηγορίες κάλυψης γης και εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα στον Δήμο Κιλελέρ. ....	50
<b>Εικόνα 11.</b> Κατηγορίες κάλυψης γης και εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα στον Δήμο Κιλελέρ συν Φ/Β σταθμοί με βεβαίωση κατοχύρωσης πολυγώνου από την ΡΑΕ. ....	53
<b>Πίνακας 1.</b> Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα. ....	43
<b>Πίνακας 2.</b> Αποτελέσματα μετρήσεων τοπίου για την πρώτη περίπτωση (Π1).....	47
<b>Πίνακας 3.</b> Αποτελέσματα μετρήσεων τοπίου για την δεύτερη περίπτωση (Π2).....	49
<b>Πίνακας 4.</b> Σύγκριση των αποτελεσμάτων της πρώτης και της δεύτερης περίπτωσης (Π1 και Π2). ....	51
<b>Πίνακας 5.</b> Αποτελέσματα μετρήσεων τοπίου για την τρίτη περίπτωση (Π3). ....	53



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παγκόσμια μετάβαση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) έχει αποκτήσει σημαντική δυναμική τα τελευταία χρόνια, λόγω της επείγουσας ανάγκης για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα, τα οποία αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν αναδειχθεί ως εξέχουσα λύση στον τομέα των ΑΠΕ. Ο θεσσαλικός κάμπος, που βρίσκεται στην κεντρική Ελλάδα, έχει δει μια αύξηση των εγκαταστάσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων λόγω των ευνοϊκών επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαθέσιμης γης. Ενώ, η επέκταση των ΑΠΕ είναι ζωτικής σημασίας για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, είναι σημαντικό να εκτιμηθούν και οι πιθανές επιπτώσεις τους στα οικοσυστήματα, προκειμένου να διασφαλιστεί η βιώσιμη ανάπτυξη.

Η θεσσαλική πεδιάδα και συγκεκριμένα ο Δήμος Κιλελέρ διαθέτει ποικίλα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων γεωργικών εκτάσεων, υγροτόπων και δασών, τα οποία υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα χλωρίδας και πανίδας. Ωστόσο, η κατασκευή και λειτουργία φωτοβολταϊκών πάρκων μπορεί να τροποποιήσει αυτό το τοπίο, να κατακερματίσει τους οικοτόπους και ενδεχομένως να διαταράξει τις οικολογικές διαδικασίες. Η κατανόηση αυτών των επιπτώσεων είναι ζωτικής σημασίας για την οικολογική διατήρηση και τον ορθό περιβαλλοντικό σχεδιασμό.

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η χαρτογράφηση των φωτοβολταϊκών πάρκων του Δήμου Κιλελέρ της Περιφέρειας Θεσσαλίας και η αξιολόγηση των επιπτώσεών τους στα οικοσυστήματα με τη χρήση μετρικών τοπίου (landscape metrics). Ποσοτικοποιώντας τον κατακερματισμό του τοπίου (landscape fragmentation) που προκαλείται από την παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων, επιδιώκεται η εκτίμηση των πιθανών οικολογικών συνεπειών. Επιπλέον, η μελέτη θα διερευνήσει την παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων πάνω στο δίκτυο Natura 2000, ένα ευρωπαϊκό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών, λαμβάνοντας υπόψη το ρόλο του στη διαφύλαξη της βιοποικιλότητας και των οικοτόπων.

Για την επίτευξη των ερευνητικών στόχων, οι ακόλουθες ερωτήσεις θα καθοδηγήσουν τη μελέτη:

1. Πώς μπορούν να χαρτογραφηθούν με ακρίβεια τα φωτοβολταϊκά πάρκα της περιοχής, λαμβάνοντας υπόψη τα όρια, το μέγεθος και τη χωρική κατανομή των πάρκων;
2. Ποιες μετρήσεις τοπίου είναι κατάλληλες για την εκτίμηση των επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων στα οικοσυστήματα, ιδίως σε σχέση με τον κατακερματισμό του τοπίου;
3. Πώς σχετίζεται το επίπεδο κατακερματισμού του τοπίου που προκαλείται από τα φωτοβολταϊκά πάρκα με πιθανές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, όπως η απώλεια οικοτόπων, η συνδεσιμότητα και η ποικιλομορφία των ειδών;



#### 4. Πώς η παρουσία του δικτύου Natura 2000 επηρεάζει τις επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων στα οικοσυστήματα;

Η παρούσα έρευνα έχει αρκετά σημαντικά αποτελέσματα. Πρώτον, θα συμβάλει στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με την επέκταση των φωτοβολταϊκών πάρκων, ειδικά στην τοποθεσία του Δήμου Κιλελέρ. Με την ποσοτικοποίηση του κατακερματισμού του τοπίου χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές χωρικής ανάλυσης, με χρήση Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS, geographic information system), η μελέτη θα παράσχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές οικολογικές συνέπειες και θα βοηθήσει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων αναφορικά με την τοποθέτηση και τη διαχείριση των φωτοβολταϊκών πάρκων.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση του δικτύου Natura 2000 στο πλαίσιο αξιολόγησης προσθέτει μια κρίσιμη προοπτική διατήρησης. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι προστατευόμενες περιοχές αλληλοεπιδρούν με τα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορεί να βελτιώσει στρατηγικές για την ελαχιστοποίηση πιθανών συγκρούσεων και τη μεγιστοποίηση των συνεργειών μεταξύ της ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και της διατήρησης του οικοσυστήματος.

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας επικεντρώνεται στον Δήμο Κιλελέρ και τα φωτοβολταϊκά πάρκα του, λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαίτερη χωρική κατανομή, το μέγεθος και τις επιπτώσεις τους στα γύρω οικοσυστήματα. Η ανάλυση θα πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας γεωχωρικά εργαλεία, κυρίως QGIS και το πρόσθετο IecoS για τους υπολογισμούς μετρικών τοπίου.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωριστούν οι περιορισμοί αυτής της μελέτης. Αυτοί μπορεί να περιλαμβάνουν διαθεσιμότητα δεδομένων, πιθανές ανακρίβειες στη χαρτογράφηση και αβεβαιότητες που σχετίζονται με την ερμηνεία των μετρήσεων τοπίου. Επιπλέον, η αξιολόγηση θα επικεντρωθεί αποκλειστικά στον κατακερματισμό του τοπίου ως δείκτη των επιπτώσεων στο οικοσύστημα, ενώ άλλες πιθανές επιπτώσεις, όπως οι αλλαγές στο μικροκλίμα ή οι υδρολογικές διεργασίες δεν θα ληφθούν υπόψη.

Συνολικά, η παρούσα πτυχιακή συμβάλει στη γνώση και κατανόηση των επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων στα οικοσυστήματα του Δήμου Κιλελέρ, χρησιμοποιώντας μετρήσεις τοπίου και λαμβάνοντας υπόψη τις περιοχές Natura 2000. Η μελέτη επιδιώκει να παρέχει πολύτιμες γνώσεις για περιβαλλοντικό σχεδιασμό, λήψη αποφάσεων και στρατηγικές διατήρησης στο πλαίσιο της ανάπτυξης των ΑΠΕ. Τα ευρήματα θα συμβάλουν στον αυξανόμενο όγκο έρευνας για βιώσιμες ενεργειακές λύσεις και περιβαλλοντική διαχείριση, με απώτερο στόχο τη διασφάλιση μιας αρμονικής συνύπαρξης μεταξύ της παραγωγής ΑΠΕ και της διατήρησης των οικοσυστημάτων στον θεσσαλικό κάμπο.



## 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 Επισκόπηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Με την αυξανόμενη ανάγκη για μετάβαση σε καθαρότερες και πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας, τα φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν αποκτήσει εξέχουσα θέση λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν ανανεώσιμη ενέργεια σε μεγάλη κλίμακα. Χρησιμοποιούν γη που είναι συχνά ακατάλληλη για άλλους σκοπούς, ελαχιστοποιώντας τις επιπτώσεις στα πολύτιμα οικοσυστήματα και προσφέρουν περιβαλλοντικά οφέλη με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τον μετριασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη ενός πιο πράσινου μέλλοντος και στην προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Ωστόσο, όταν η προμελέτη και ο σχεδιασμός για την τοποθεσία της εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών γίνεται με λανθασμένο ή απρόσεκτο τρόπο οι τεχνολογίες αυτές μπορεί να αποδειχθούν καταστροφικές για τα οικοσυστήματα και το περιβάλλον συνολικά.

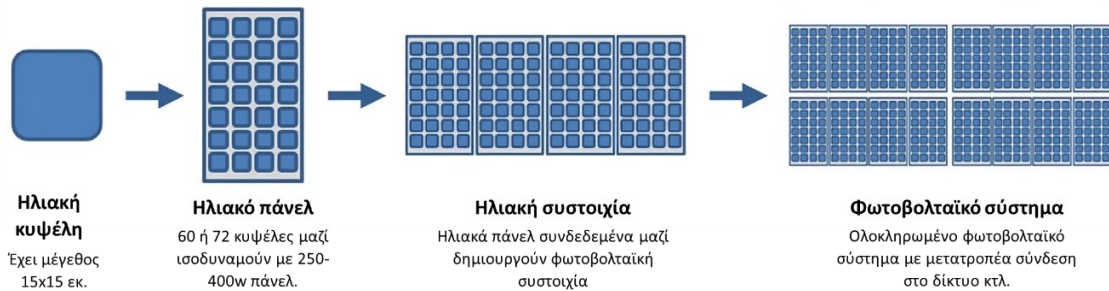
#### 2.1.1 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία και μετατροπή ηλιακής ενέργειας

Στον πυρήνα της ηλιακής ενέργειας βρίσκεται μια στοιχειακή δύναμη που έχει διατηρήσει τη ζωή στη Γη από αμνημονεύτων χρόνων – ο ήλιος. Ο ήλιος εκπέμπει τεράστιες ποσότητες ακτινοβολούμενης ενέργειας με τη μορφή φωτονίων. Η ηλιακή ενέργεια αξιοποιεί αυτά τα φωτόνια και τα μετατρέπει σε χρησιμοποιήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η δυναμική της ηλιακής ενέργειας έγκειται στην αφθονία και την ανανεωσιμότητά της. Κάθε δευτερόλεπτο, ο ήλιος ακτινοβολεί αρκετή ενέργεια για να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες του κόσμου για ένα χρόνο (Green et al., 2018). Έτσι, η απελευθέρωση του δυναμικού αυτής της τεράστιας πηγής ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη της παγκόσμιας βιωσιμότητας.

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία αναφέρεται στη διαδικασία μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας ηλιακές κυψέλες. Οι ηλιακές κυψέλες, συνήθως κατασκευασμένες από υλικά ημιαγωγών, όπως το πυρίτιο, με ειδικά επεξεργασμένα στρώματα που δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο όταν εκτίθενται στο ηλιακό φως, απορροφούν τα φωτόνια και παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου (Kalogirou, 2013). Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, που ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1839 από τον Γάλλο φυσικό Alexandre-Edmond Becquerel, έθεσε τις βάσεις για την ανάπτυξη των ηλιακών κυψελών (Green et al., 2018).

Τα βασικά στοιχεία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος περιλαμβάνουν τους ηλιακούς συλλέκτες ή πάνελ, τους μετατροπείς και τη σύνδεση στο δίκτυο. Τα ηλιακά πάνελ αποτελούνται από πολλαπλές διασυνδεδεμένες ηλιακές κυψέλες (Εικόνα 1), οι οποίες

μετατρέπουν το ηλιακό φως σε συνεχές ρεύμα (DC) ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, οι μετατροπείς μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια DC σε ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), όπου πλέον καθίσταται κατάλληλη για χρήση σε στίτια και επιχειρήσεις.



**Εικόνα 1.** Ηλιακή κυψέλη, πάνελ, συστοιχία και φωτοβολταϊκό σύστημα (επεξεργασμένο από Kim et al., 2022).

Αρχικά, τα φωτοβολταϊκά πάνελ περιορίστηκαν σε διαστημικές αποστολές και εξειδικευμένες εφαρμογές λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής τους. Ωστόσο, με τις εξελίξεις στην επιστήμη των υλικών και τις τεχνικές κατασκευής, τα φωτοβολταϊκά πάνελ έχουν καταστεί οικονομικά βιώσιμα για ευρεία υιοθέτηση. Τα σύγχρονα φωτοβολταϊκά πάνελ διαθέτουν εντυπωσιακή απόδοση, με τα πιο προηγμένα μοντέλα να ξεπερνούν το 20% και το κόστος να έχει μειωθεί σημαντικά, καθιστώντας την ηλιακή ενέργεια όλο και πιο ανταγωνιστική με τις συμβατικές πηγές ενέργειας (Luque & Hegedus, 2003).

Η ευελιξία της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας επέτρεψε την ενσωμάτωσή της σε διάφορες εφαρμογές, φέρνοντας επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο αξιοποιείται και καταναλώνεται η ενέργεια. Τα μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκά πάρκα, που συνήθως αναφέρονται ως φωτοβολταϊκά πάρκα, έχουν εγκατασταθεί σε ηλιόλουστα τοπία, παρέχοντας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κλίμακα κοινής ωφέλειας (Green et al., 2018). Οι ηλιακές εγκαταστάσεις στέγης έχουν εξουσιοδοτήσει μεμονωμένους ιδιοκτήτες σπιτιών και επιχειρήσεις να παράγουν τη δική τους καθαρή ενέργεια, μειώνοντας την εξάρτηση από τα παραδοσιακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, καινοτόμες ηλιακές συσκευές, όπως ηλιακοί θερμοσίφωνες και ηλιακοί φορτιστές, έχουν επεκτείνει περαιτέρω την εμβέλεια των φωτοβολταϊκών στην καθημερινότητα του ανθρώπου (Kalogiou, 2013).

Η υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας και της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας εκτείνεται πολύ πέρα από την απλή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας αποφέρει μυριάδες περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Πρωτίστως, η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, εκπέμποντας μηδενικά αέρια θερμοκηπίου και μειώνοντας το αποτύπωμα άνθρακα (Kalogiou, 2013). Με τη μετάβαση



στην ηλιακή ενέργεια, μπορεί να μετριαστεί η κλιματική αλλαγή, να διατηρηθεί η βιοποικιλότητα και να προστατευτούν τα οικοσυστήματα από τις επιζήμιες επιπτώσεις της παραδοσιακής παραγωγής ενέργειας με βάση τα ορυκτά καύσιμα. Επιπλέον, η ηλιακή ενέργεια αποκεντρώνει την παραγωγή ενέργειας, προωθώντας την ενεργειακή αυτονομία και ανθεκτικότητα σε τοπικό επίπεδο (Gill & Zhang, 2017).

Η ηλιακή ενέργεια και η φωτοβολταϊκή τεχνολογία κρατούν το κλειδί για ένα βιώσιμο και ζωντανό μέλλον για τον πλανήτη. Αξιοποιώντας την απεριόριστη ενέργεια που ακτινοβολεί ο ήλιος, μπορεί να εξασφαλιστεί ένας πιο πράσινος και πιο δίκαιος κόσμος για τις επόμενες γενιές. Καθώς συνεχίζεται η καινοτομία και οι επενδύσεις στρέφονται σε αυτή τη μετασχηματιστική τεχνολογία, είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωριστούν οι τεράστιες δυνατότητες της ηλιακής ενέργειας ως καταλύτη για την παγκόσμια αλλαγή.

### **2.1.2 Παγκόσμιες τάσεις και επέκταση φωτοβολταϊκών πάρκων**

Η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών πάρκων παγκοσμίως έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια λόγω της επιτακτικής ανάγκης για μετάβαση προς καθαρές και βιώσιμες πηγές ενέργειας. Η κατακόρυφη πτώση του κόστους της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας κατά την τελευταία δεκαετία έχει καταστήσει την ηλιακή ενέργεια ανταγωνιστική με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα (IRENA, 2021a). Οι εξελίξεις στη μεταποίηση, οι οικονομίες κλίμακας και οι ερευνητικές προσπάθειες έχουν μειώσει σημαντικά το κόστος. Υποστηρικτικά πλαίσια πολιτικής, όπως τιμολόγια τροφοδοσίας, φορολογικές πιστώσεις και στόχοι ανανεώσιμης ενέργειας, έχουν εφαρμοστεί από πολλές κυβερνήσεις για να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων (IEA, 2020; Ren21, 2021). Η περιβαλλοντική συνείδηση και η επιθυμία περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έχουν τροφοδοτήσει περαιτέρω την υιοθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων, καθώς η βιωσιμότητα γίνεται προτεραιότητα για κυβερνήσεις, εταιρείες και ιδιώτες (Ren21, 2021).

Ορισμένες περιοχές ξεχωρίζουν στην επέκταση των φωτοβολταϊκών πάρκων. Η Κίνα, με τους φιλόδοξους στόχους της για ΑΠΕ, έχει αναδειχθεί ως ηγέτης στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, υποστηριζόμενη από ευνοϊκές κυβερνητικές πολιτικές και επενδύσεις (IRENA, 2021a). Οι Ηνωμένες Πολιτείες, καθοδηγούμενες από ομοσπονδιακές και πολιτειακές πρωτοβουλίες, παρουσιάζουν επίσης ανάπτυξη λόγω παραγόντων όπως οι πιστώσεις φόρου επενδύσεων και τα καινοτόμα μοντέλα χρηματοδότησης (IEA, 2020). Η Ευρώπη, ειδικά χώρες όπως η Γερμανία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Ολλανδία και η Γαλλία, έχει βιώσει σημαντική ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων μέσω ισχυρών κινήτρων και ανταγωνιστικών δημοπρασιών (IEA, 2020; Ren21, 2021). Ακόμα και η Ινδία έχει δει σημαντική ανάπτυξη φωτοβολταϊκών πάρκων λόγω της κλιμάκωσης των ενεργειακών απαιτήσεων και των φιλόδοξων στόχων ανανεώσιμης ενέργειας (IRENA, 2021b). Επιπλέον, οι αναδυόμενες αγορές στην Αφρική, τη Νοτιοανατολική Ασία και τη Λατινική Αμερική βιώνουν ταχεία επέκταση φωτοβολταϊκών πάρκων, προσελκύοντας διεθνείς επενδύσεις (IRENA, 2021b).



Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών πάρκων έχει γνωρίσει επίσης σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Η χώρα αξιοποιεί τον πλούσιο ηλιακό πόρο της και επενδύει στις ΑΠΕ, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και στην ενεργειακή ανεξαρτησία. Με βάση την έκθεση του Οργανισμού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) για το 2022, η Ελλάδα έχει εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών πάρκων που ξεπερνά τα 5,5 GW (5466 MW έναντι 4126 MW το 2021 και 3288 το 2020), κατατάσσοντάς την ως μία από τις πρωτοπόρες ευρωπαϊκές χώρες σε αυτόν τον τομέα. Οι ευνοϊκές πολιτικές και η υποστήριξη από την κυβέρνηση έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη αυτή. Επίσης, η προώθηση των ΑΠΕ συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με στοιχεία του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), η φωτοβολταϊκή βιομηχανία στην Ελλάδα απασχολεί χιλιάδες εργαζομένους και έχει συμβάλει στην αναζωογόνηση αγροτικών περιοχών που παλαιότερα αντιμετώπιζαν οικονομικά προβλήματα. Η Ελλάδα είναι πρότυπο για άλλες χώρες όσον αφορά την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και την ενίσχυση της προσπάθειας για βιώσιμη ενεργειακή παραγωγή και ανάπτυξη.

Ωστόσο, η διατήρηση αυτής της ανάπτυξης δημιουργεί προκλήσεις. Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πάρκων μεγάλης κλίμακας σε υπάρχοντα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί προηγμένες τεχνολογίες δικτύου, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας και διαχείριση από την πλευρά της ζήτησης για τη διασφάλιση της σταθερότητας (Dehnavi et al., 2019). Οι ανησυχίες σχετικά με τις χρήσεις γης και το περιβάλλον προκύπτουν από την αύξηση του μεγέθους των φωτοβολταϊκών πάρκων, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ανάγκη για βιώσιμες στρατηγικές χωροθέτησης για τον μετριασμό των επιπτώσεων στη γεωργία και τη βιοποικιλότητα (Braun & Siegrist, 2021; Hertwich et al., 2015). Οι συνεχείς τεχνολογικές εξελίξεις είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας (Kojima et al., 2009; Yoshikawa et al., 2017). Υιοθετώντας μέσα αξιοποίησης ευκαιριών, αντιμετώπισης προκλήσεων και δέσμευσης για καθαρή ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση ενός πιο βιώσιμου και φιλικού προς το περιβάλλον μέλλοντος.

## 2.2 Οικολογικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων

Η ολιστική κατανόηση των οικολογικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τις εγκαταστάσεις των ΑΠΕ είναι ζωτικής σημασίας. Στην ενότητα αυτή εξετάζονται οι οικολογικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων από διαφορετικές πτυχές. Αρχικά, αναλύεται η πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ των ηλιακών συλλεκτών και των αλλαγών χρήσεων γης, εμβαθύνοντας στις πιθανές διαταραχές των οικοτόπων. Έπειτα, διερευνώνται οι επιδράσεις των φωτοβολταϊκών συστημάτων τόσο στη βλάστηση όσο και στην ποιότητα του εδάφους, αποκαλύπτοντας τις ευρύτερες οικολογικές επιπτώσεις τους και τέλος, αποσαφηνίζεται η πολύπλοκη σχέση μεταξύ φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων και μικροκλίματος, με ιδιαίτερη έμφαση στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Αυτές οι



πτυχές αποκαλύπτουν συλλογικά τις πολυεπίπεδες οικολογικές πολυπλοκότητες που συνδέονται με την υιοθέτηση φωτοβολταϊκών τεχνολογιών.

### 2.2.1 Αλλαγές χρήσεων γης και διατάραξη των οικοτόπων

Μία από τις κύριες περιβαλλοντικές συνέπειες των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων είναι η μετατροπή φυσικών τοπίων, όπως δάση, λιβάδια και υγρά τοπία, σε φωτοβολταϊκά πάρκα. Αναζητώντας κατάλληλες τοποθεσίες για φωτοβολταϊκά έργα μεγάλης κλίμακας, οι αρμόδιοι συχνά επιλέγουν περιοχές με άφθονο ηλιακό φως, αλλά αυτές οι περιοχές είναι συχνά οικολογικά πολύτιμες. Αυτή η μετατροπή χρήσεων γης μπορεί να οδηγήσει σε κατακερματισμό και απώλεια φυσικών οικοτόπων, διαταράσσοντας την υπάρχουσα οικολογική ισορροπία και απειλώντας την επιβίωση διαφόρων φυτικών και ζωικών ειδών (Gascoigne et al., 2019).

Μελέτες έχουν επισημάνει τις αρνητικές επιπτώσεις των αλλαγών χρήσης γης στη βιοποικιλότητα. Για παράδειγμα, μια μελέτη των Harper et al. (2018) διαπίστωσε ότι η κατασκευή ενός ηλιακού πάρκου στην Καλιφόρνια είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια σημαντικού μέρους κρίσιμου οικοτόπου για πολλά απειλούμενα είδη, συμπεριλαμβανομένης της αλεπούς *San Joaquin kit* και της σαλαμάνδρας *Ambystoma Tigrinum* της Καλιφόρνιας. Η διατάραξη αυτών των οικοτόπων μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο μέγεθος πληθυσμού, μειωμένη γενετική ποικιλότητα, ακόμη και σε τοπικές εξαφανίσεις, με μακροπρόθεσμες οικολογικές συνέπειες.

Η κατασκευή και λειτουργία των φωτοβολταϊκών πάρκων μπορεί να οδηγήσει σε άμεσες επιπτώσεις στην άγρια ζωή της περιοχής. Μία από τις πιο αξιοσημείωτες ανησυχίες είναι η πιθανότητα θνησιμότητας πτηνών και εντόμων λόγω συγκρούσεων με ηλιακούς συλλέκτες. Τα πτηνά, ειδικότερα, μπορεί να συγκρουστούν με ηλιακούς συλλέκτες ή τις δομές που τους υποστηρίζουν, με αποτέλεσμα θανάτους και τραυματισμούς (Pearce-Higgins et al., 2017). Επιπλέον, μεγάλες ηλιακές εγκαταστάσεις με τεράστιες ανακλαστικές επιφάνειες μπορούν να δημιουργήσουν «ηλιακές παγίδες», όπου τα πτηνά μπερδεύουν τις αντανακλάσεις των πάνελ με υδάτινα σώματα και αποπροσανατολίζονται ή εξαντλούνται στην προσπάθεια να προσγειωθούν (Rosa et al., 2019). Αυτές οι διαταραχές στις μεταναστευτικές οδούς μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην επιβίωση και την αναπαραγωγική επιτυχία των προσβεβλημένων ειδών. Ακόμα, η προσέλκυση εντόμων στους ηλιακούς συλλέκτες μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη θήρευση από πτηνά και άλλα εντομοφάγα, διαταράσσοντας τα τοπικά τροφικά πλέγματα (Rosa et al., 2019).

Πέρα όμως από τις άμεσες επιπτώσεις στην άγρια ζωή, τα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορούν να προκαλέσουν και έμμεσες επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Η μετατροπή γης για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια σημαντικών τύπων οικοτόπων, όπως λιμνώνες, υγρατόπους ή δάση, που υποστηρίζουν μοναδικά είδη φυτών και ζώων (Barbaro et al., 2018). Αυτή η απώλεια οικοτόπων συχνά οδηγεί σε τοπικές εξαφανίσεις και να επηρεάσει αρνητικά τη λειτουργία του οικοσυστήματος.



Ειδικά οι μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις προκαλούν ζητήματα να κατακερματισμού των φυσικών οικοτόπων, γεγονός που μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς της άγριας πανίδας. Ο κατακερματισμός ενδέχεται να περιορίσει τη μετακίνηση των ειδών, να απομονώσει τους πληθυσμούς και να περιορίσει την πρόσβαση σε κρίσιμους πόρους όπως η τροφή, το νερό και οι σύντροφοι για αναπαραγωγή. Αυτές οι επιδράσεις δύναται να διαταράξουν τις μεταναστευτικές οδούς και να αλλάξουν τη συμπεριφορά των ζώων, οδηγώντας σε μειωμένη αναπαραγωγική επιτυχία και γενετική ποικιλότητα (Haddad et al., 2015).

### 2.2.2 Αλλαγές στη βλάστηση και την ποιότητα του εδάφους

Η κατασκευή και η λειτουργία των φωτοβολταϊκών πάρκων μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις στη σύνθεση και τη δομή της βλάστησης. Μία από τις πιο εμφανείς επιπτώσεις είναι η απομάκρυνση της υπάρχουσας βλάστησης για το άνοιγμα δρόμων και υποστηρικτικών υποδομών (Mazzoleni et al., 2018). Αυτή η μετατροπή της γης μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια αυτόχθονων φυτικών ειδών και των σχετικών οικολογικών λειτουργιών τους, οδηγώντας ενδεχομένως σε μείωση της βιοποικιλότητας (Guo et al., 2017).

Επιπλέον, η επίδραση σκίασης των ηλιακών συλλεκτών μπορεί να δημιουργήσει μικροκλιματικές αλλαγές, συμπεριλαμβανομένης της αλλοιωμένης διαθεσιμότητας φωτός και των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας (Barbero-Sierra et al., 2020). Αυτές οι αλλαγές μπορεί να ευνοήσουν ορισμένα είδη φυτών που είναι πιο ανεκτικά στη σκιά ή τις ακραίες θερμοκρασίες, ενώ καταστέλλουν άλλα που είναι προσαρμοσμένα στις προϋπάρχουσες συνθήκες (Vazquez-Rowe et al., 2019). Κατά συνέπεια, αυτές οι αλλαγές στη δυναμική της βλάστησης μπορούν να επηρεάσουν την τοπική φυτική ποικιλότητα και τη δομή της κοινότητας εντός και γύρω από τα φωτοβολταϊκά πάρκα.

Η εγκατάσταση και η συντήρηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποιότητα και τις ιδιότητες του εδάφους. Κατά τη φάση κατασκευής, μπορεί να προκύψει συμπίεση και διαταραχή του εδάφους λόγω βαρέων μηχανημάτων και εξοπλισμού (W. Lu et al., 2020). Αυτή η συμπύκνωση μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη διαπερατότητα του εδάφους, επηρεάζοντας τα ποσοστά διείσδυσης νερού και αυξάνοντας τον κίνδυνο επιφανειακής απορροής και διάβρωσης (Belmonte-Ureña et al., 2016). Ακόμα, η επίδραση σκίασης των ηλιακών συλλεκτών μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία μικροκλιματικών συνθηκών που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του εδάφους και τα επίπεδα υγρασίας (Dominguez et al., 2015). Αυτές οι μεταβαλλόμενες συνθήκες μπορεί να οδηγήσουν σε αλλαγές στη μικροβιακή δραστηριότητα, στον κύκλο θρεπτικών ουσιών και στους ρυθμούς αποσύνθεσης οργανικής ύλης στο έδαφος (Shu et al., 2017). Με την πάροδο του χρόνου, αυτές οι αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν τη γονιμότητα του εδάφους και τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών, επηρεάζοντας ενδεχομένως την παραγωγικότητα της βλάστησης και τη συνολική υγεία του οικοσυστήματος.



Ενώ οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να οδηγήσουν σε βραχυπρόθεσμες διαταραχές της βλάστησης και των εδαφικών οικοσυστημάτων, είναι σημαντικό να εξεταστεί η ανθεκτικότητα και η προσαρμοστικότητα αυτών των συστημάτων με την πάροδο του χρόνου. Τα οικοσυστήματα έχουν τη δυνατότητα να ανακάμψουν και να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες μέσω φυσικών διεργασιών, όπως η διασπορά σπόρων και ο αποικισμός από είδη που είναι καλύτερα προσαρμοσμένα στο αλλαγμένο περιβάλλον (Liu et al., 2015). Η παρακολούθηση και η έρευνα μπορούν να βοηθήσουν στην κατανόηση της μακροπρόθεσμης πορείας της βλάστησης και της δυναμικής του εδάφους, καθοδηγώντας τις προσπάθειες διαχείρισης για τη στήριξη της ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων.

### 2.2.3 Επιδράσεις μικροκλίματος και φαινόμενο θερμικής νησίδας

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλασιών μπορεί να τροποποιήσει τα επιφανειακά χαρακτηριστικά της περιοχής, επηρεάζοντας την απορρόφηση θερμότητας και την ανάκλαση. Οι ηλιακοί συλλέκτες έχουν συνήθως χαμηλότερη ανακλαστικότητα σε σύγκριση με τις φυσικές επιφάνειες όπως η βλάστηση και το έδαφος. Ως αποτέλεσμα, τείνουν να απορροφούν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία, οδηγώντας σε αυξημένες επιφανειακές θερμοκρασίες (Wang et al., 2017). Αυτό το τοπικό φαινόμενο θέρμανσης μπορεί να δημιουργήσει μικροκλιματικές αλλαγές σε άμεση γειτνίαση με το φωτοβολταϊκό πάρκο, επηρεάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο και τις θερμικές συνθήκες της περιοχής.

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ) είναι ένα πολύ γνωστό φαινόμενο που συμβαίνει σε αστικές περιοχές όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες και οι δομημένες υποδομές οδηγούν σε υψηλότερες θερμοκρασίες σε σύγκριση με τις γύρω αγροτικές περιοχές. Ενώ τα φωτοβολταϊκά πάρκα δεν είναι τυπικές αστικές περιοχές, η εκτεταμένη υποδομή τους και τα αλλοιωμένα χαρακτηριστικά της επιφάνειας μπορούν να δημιουργήσουν φαινόμενα παρόμοια με αυτά της ΑΘΝ σε τοπική κλίμακα (Chen et al., 2020). Το φαινόμενο της ΑΘΝ μπορεί να επιδεινώσει τη θερμική καταπόνηση τόσο στα φυσικά οικοσυστήματα όσο και στους κοντινούς ανθρώπινους πληθυσμούς, επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα, την ποιότητα του αέρα και τη δημόσια υγεία.

Οι μικροκλιματικές αλλαγές που προκύπτουν από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μπορούν να έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην άγρια ζωή και τα οικοσυστήματα. Οι αυξημένες επιφανειακές θερμοκρασίες μπορούν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά, την κατανομή και τη φυσιολογία των ζώων (Kreibich et al., 2015). Για παράδειγμα, τα ερπετά και τα έντομα μπορεί να βιώσουν αλλοιωμένα πρότυπα δραστηριότητας ή να αναζητήσουν καταφύγιο σε ψυχρότερα μικροενδιαιτήματα, επηρεάζοντας τις συμπεριφορές αναζήτησης τροφής και αναπαραγωγής τους. Οι μικροκλιματικές μεταβολές μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανάπτυξη της βλάστησης και τη φαινολογία, μεταβάλλοντας τη σύνθεση της φυτικής κοινότητας και τη συνολική δομή του οικοσυστήματος (Heinemeyer et al., 2017).



Επιπλέον, οι παρόμοιες με αυτές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων μπορούν να οδηγήσουν σε θερμική καταπόνηση στα γύρω φυσικά ενδιαιτήματα, επηρεάζοντας ενδεχομένως την υγεία και την επιβίωση ευαίσθητων φυτικών και ζωικών ειδών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, κάποια είδη μπορεί να είναι πιο ανθεκτικά στο μεταβαλλόμενο μικροκλίμα, οδηγώντας σε αλλαγές στην κυριαρχία των ειδών και σε ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις (Pearlmutter et al., 2014).

Ολοκληρώνοντας λοιπόν την ενότητα των οικολογικών επιπτώσεων από τα φωτοβολταϊκά πάρκα, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην καθοδήγηση της εφαρμογής των μέτρων μετριασμού και στη διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών πάρκων. Οι ΜΠΕ βοηθούν στον εντοπισμό πιθανών περιβαλλοντικών και οικολογικών επιπτώσεων, στην εκτίμηση της σημασίας τους και στην πρόταση κατάλληλων στρατηγικών μετριασμού (Kontogianni et al., 2021). Τα προγράμματα παρακολούθησης και ελέγχου είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων μετριασμού και τον εντοπισμό τυχόν απρόβλεπτων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν με την πάροδο του χρόνου. Η συνεχής παρακολούθηση και οι κατάλληλοι έλεγχοι επιτρέπουν την προσαρμοστική διαχείριση και την εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών όταν είναι απαραίτητο.

### **2.3. Αξιολόγηση του κατακερματισμού του οικοσυστήματος**

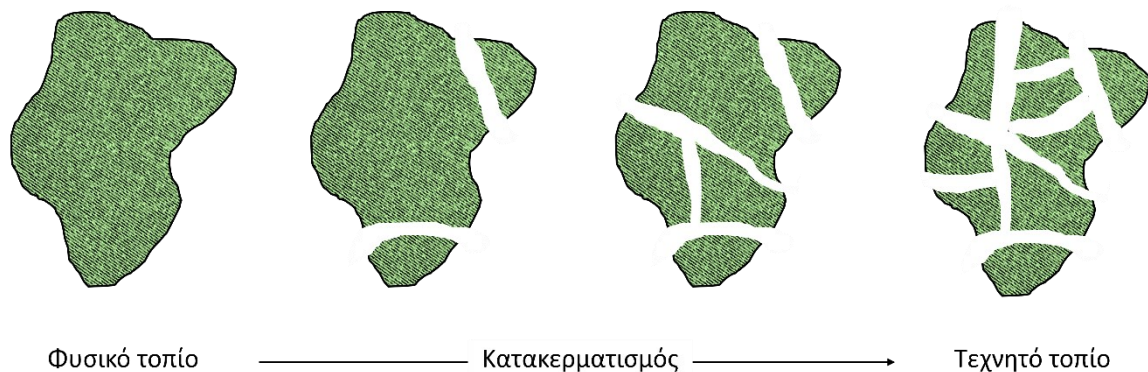
Πρωταρχικός στόχος αυτής της ενότητας είναι να κατανοηθούν οι μετρήσεις τοπίου στο πλαίσιο της οικολογίας τοπίου, με ιδιαίτερη έμφαση στον κατακερματισμό των οικοτόπων και σε διάφορα χαρακτηριστικά του τοπίου, όπως η δομή, η λειτουργία και η αλλαγή τοπίου. Επίσης, πραγματοποιείται εκτενής ανασκόπηση στα βασικά εργαλεία και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην οικολογία τοπίου, όπως η τηλεπισκόπηση, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), η χωρική ανάλυση και η μαθηματική μοντελοποίηση. Αυτά τα εργαλεία αξιολογούνται κριτικά για να αποσαφηνιστεί η ριζική σημασία τους στην κατανόηση των σύνθετων δυναμικών τοπίου και χωρικών προτύπων. Στη συνέχεια γίνεται η επεξήγηση των μετρήσεων τοπίου από το πρόσθετο LecoS του QGIS και η χρησιμότητά τους στην αξιολόγηση του κατακερματισμού του τοπίου που προκύπτει από την επέκταση των φωτοβολταϊκών πάρκων επηρεάζοντας έτσι σημαντικούς οικοτόπους και το συνολικό περιβάλλον.

#### **2.3.1 Οικολογία τοπίου και κατακερματισμός οικοτόπων**

Ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων είναι ένα κρίσιμο οικολογικό ζήτημα που προκύπτει από την αλλοίωση και τη διαίρεση των φυσικών τοπίων σε μικρότερα, απομονωμένα τμήματα από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η αστικοποίηση, η γεωργία και η ανάπτυξη υποδομών (Forman & Godron, 1986; Haddad et al., 2015). Αυτή η

διαδικασία οδηγεί στη διατάραξη των συνεχών οικοτόπων, δημιουργώντας μικρότερα, απομονωμένα θραύσματα (Εικόνα 2) που περιβάλλονται από ανθρωπογενείς ή αφιλόξενες μήτρες (Turner, 1996).

Η έννοια του κατακερματισμού των οικοσυστημάτων είναι σημαντική σε διάφορα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων των δασών, των λειμώνων, των υγροτόπων και του θαλάσσιου περιβάλλοντος, και έχει ριζικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα, τις οικολογικές διεργασίες και τη συνολική υγεία των οικοσυστημάτων (Fahrig, 2003; Hanski, 1999).



**Εικόνα 2.** Η επίπτωση του κατακερματισμού στα φυσικά οικοσυστήματα (ιδία επεξεργασία).

Σε ένα κατακερματισμένο τοπίο, απομονωμένα τμήματα ενδιαιτημάτων συχνά περιβάλλονται από μια θεμελιώδη επιφάνεια (matrix) τροποποιημένων από τον άνθρωπο οικοτόπων, όπως δρόμοι, γεωργικά χωράφια ή αστικές περιοχές. Αυτή η θεμελιώδης επιφάνεια μπορεί να λειτουργήσει ως εμπόδιο στην κίνηση πολλών ειδών, μειώνοντας την ικανότητά τους να διασκορπίζονται, να μεταναστεύουν και να έχουν πρόσβαση σε πόρους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του πλούτου και της ποικιλότητας των ειδών, καθώς και σε αλλαγές στη σύνθεση και τη δομή των οικολογικών κοινοτήτων (Ξόφης, 2021).

Αναλυτικότερα, ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων επηρεάζει τόσο τη χλωρίδα όσο και την πανίδα. Για τα φυτικά είδη, το μειωμένο μέγεθος των χωροψηφίδων και η αυξημένη απομόνωση μπορούν να οδηγήσουν σε περιορισμένη ροή γονιδίων και γενετική ποικιλότητα, οδηγώντας σε υψηλότερο κίνδυνο ενδογαμίας κατάθλιψης και μειωμένη δυνατότητα προσαρμογής (Young et al., 1996). Ομοίως, τα κατακερματισμένα ενδιαιτήματα μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τους πληθυσμούς των ζώων, καθώς αντιμετωπίζουν προκλήσεις όσον αφορά την πρόσβαση σε τροφή, συντρόφους και κατάλληλο καταφύγιο (Fahrig & Merriam, 1994). Η προκύπτουσα μείωση του πλούτου και της αφθονίας των ειδών μπορεί να προκαλέσει αλυσιδωτές επιπτώσεις στη λειτουργία και τη σταθερότητα του οικοσυστήματος (Tscharrntke et al., 2012).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένας από τους κύριους παράγοντες κατακερματισμού του οικοσυστήματος είναι η ανθρώπινη επέκταση και η αλλαγή χρήσης γης (Hanski, 2005). Η



μετατροπή των φυσικών οικοτόπων σε αστικές περιοχές ή γεωργικές εκτάσεις συχνά περιλαμβάνει την εκκαθάριση και την τροποποίηση μεγάλων τμημάτων γης, οδηγώντας στον διαχωρισμό των προηγουμένως συνδεδεμένων οικοτόπων (Fletcher et al., 2018). Κατά συνέπεια, πολλά είδη δυσκολεύονται να διασχίσουν ή να αποικίσουν νέες περιοχές, εμποδίζοντας την ικανότητά τους να προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες (Haddad et al., 2015). Επιπλέον, ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων μπορεί να αλληλεπιδράσει με άλλους περιβαλλοντικούς στρεσογόνους παράγοντες, όπως η κλιματική αλλαγή και η ρύπανση, επιδεινώνοντας τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα ευάλωτα είδη (Hannah et al., 2007).

Για να αξιολογήσουν και να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις του κατακερματισμού των οικοσυστημάτων, οι ερευνητές και οι οικολόγοι χρησιμοποιούν την οικολογία του τοπίου, ένα υποπεδίο της οικολογίας που επικεντρώνεται στη μελέτη του χωρικού προτύπου και της δομής των τοπίων και στον τρόπο αλληλεπίδρασης με βιοτικές και αβιοτικές διεργασίες. Στοχεύει στην κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των τοπίων και της κατανομής και δυναμικής των οικολογικών συστημάτων μέσα σε αυτά. Ειδικότερα, σκοπός της οικολογίας τοπίου είναι να παρέχει μια ολιστική κατανόηση των σχέσεων μεταξύ οικολογίας, γεωλογίας, υδρολογίας, γεωμορφολογίας και ανθρώπινων δραστηριοτήτων και να προσδιορίζει στρατηγικές για τη διατήρηση και τη βιώσιμη διαχείριση των τοπίων (Στάμου και Παπαθεοδώρου, 2015).

Ορισμένες βασικές έννοιες στην οικολογία του τοπίου περιλαμβάνουν: δομή τοπίου, διαδικασίες τοπίου, λειτουργίες τοπίου και αλλαγές τοπίου. Η δομή τοπίου αναφέρεται στη χωρική διάταξη και διαμόρφωση διαφορετικών τύπων κάλυψης γης μέσα σε ένα τοπίο, δηλαδή τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των διακριτικών οικοσυστημάτων ή στοιχείων. Οι διαδικασίες τοπίου αναφέρονται στις διάφορες βιοτικές και αβιοτικές διεργασίες που διαμορφώνουν και επηρεάζουν το τοπίο, όπως η διάβρωση, ο κύκλος των θρεπτικών ουσιών και η διασπορά των ειδών. Η λειτουργία τοπίου αναφέρεται στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χωρικών χαρακτηριστικών, δηλαδή τις οικολογικές υπηρεσίες που παρέχονται από τα τοπία, όπως η παροχή οικοτόπων, η δέσμευση άνθρακα και η ρύθμιση του νερού. Τέλος, η αλλαγή τοπίου αναφέρεται σε αλλαγές στη δομή και τη σύνθεση των τοπίων (αλλοίωση στη δομή και τη λειτουργία του οικολογικού μωσαϊκού) με την πάροδο του χρόνου, λόγω φυσικών ή ανθρωπογενών διεργασιών (Χιωτέλλη, 2011; Gökyer, 2013).

### **Δομή τοπίου**

Η δομή του τοπίου είναι απαραίτητη για την κατανόηση της αλλαγής και λειτουργίας του τοπίου. Περιλαμβάνει την αξιολόγηση του χωρικού προτύπου των στοιχείων του τοπίου και των συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών οικοσυστημάτων. Υπάρχουν δύο ιδιότητες δομής τοπίου, η σύνθεση και η διαμόρφωση. Η σύνθεση αναφέρεται στην ποιότητα των χωροψηφίδων που είναι διάσπαρτες σε όλο το τοπίο, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει την καταλληλότητα του περιβάλλοντος διαβίωσης για ορισμένα είδη. Η διαμόρφωση, από

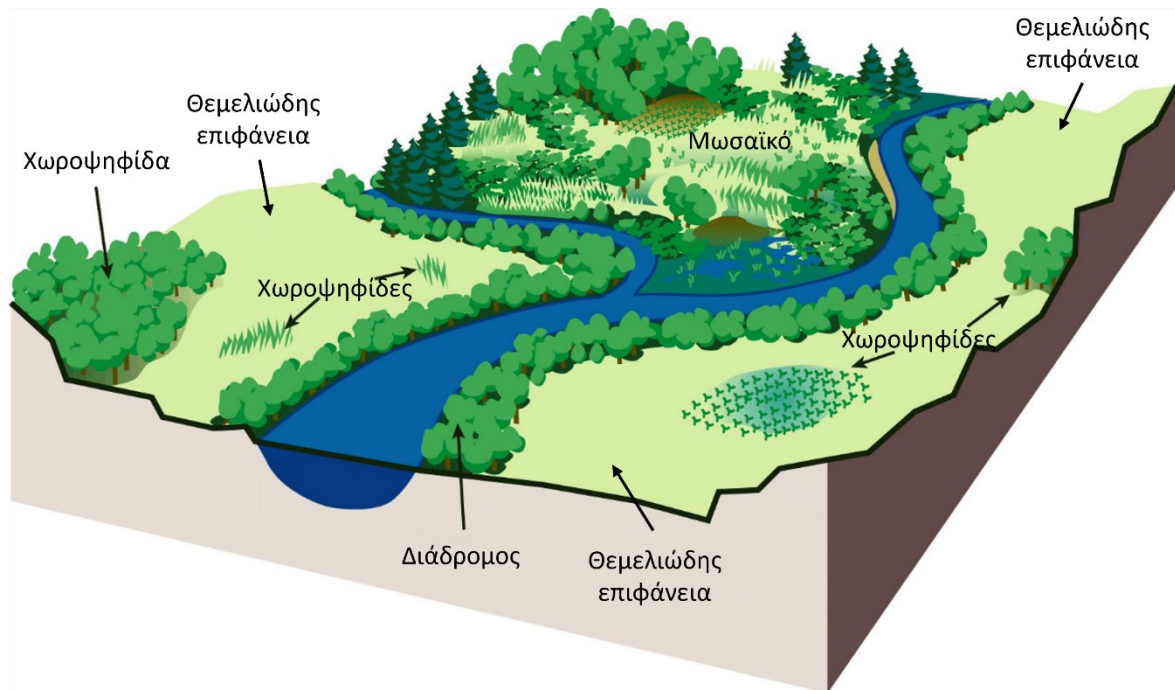


την άλλη πλευρά, ασχολείται με τα χωρικά χαρακτηριστικά και την κατανομή της κάλυψης γης στο τοπίο (Gökyer, 2013).

Σύμφωνα με τον Ξόφη (2021), οι οικολόγοι τοπίου χρησιμοποιούν τέσσερις όρους για να ορίσουν τη χωρική δομή του τοπίου (Εικόνα 3):

- Χωροψηφίδες ή χωρία (patches) είναι οι διακριτές περιοχές του τοπίου που διαφέρουν ως προς τα οικολογικά τους χαρακτηριστικά από το γύρω περιβάλλον τους. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν δάση, υγροτόπους, γεωργικά χωράφια και αστικές περιοχές, μεταξύ άλλων. Οι χωροψηφίδες μπορεί να ποικίλλουν σε μέγεθος, σχήμα και οικολογική λειτουργία και συχνά παίζουν βασικό ρόλο στον προσδιορισμό της κατανομής των ειδών και των οικολογικών διεργασιών μέσα στο τοπίο.
- Θεμελιώδης επιφάνεια ή μήτρα ή υπόστρωμα (matrix) είναι το ενιαίο περιβάλλον του τοπίου που οριοθετεί τις χωροψηφίδες και συχνά αποτελείται από έναν διαφορετικό τύπο οικοτόπου. Η θεμελιώδης επιφάνεια μπορεί να έχει σημαντική επιρροή στην οικολογία των χωροψηφίδων, καθώς μπορεί να περιορίσει την κίνηση των οργανισμών και να αλλάξει τις οικολογικές διεργασίες εντός των χωροψηφίδων.
- Διάδρομοι ή λώροι επικοινωνίας (corridors) είναι γραμμικά χαρακτηριστικά στο τοπίο που συνδέουν τμήματα οικοτόπων και μπορούν να διευκολύνουν την κίνηση των οργανισμών και τη γονιδιακή ροή μεταξύ των χωροψηφίδων. Οι διάδρομοι μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της συνδεσιμότητας του τοπίου και μπορούν να συμβάλουν στη διατήρηση της βιοποικιλότητας διευκολύνοντας τη διασπορά και τη μετανάστευση των ειδών.
- Μωσαϊκό (mosaic) είναι ένα τοπίο που αποτελείται από ένα σύνολο διαφορετικών τύπων χωροψηφίδων, καθένα από τα οποία είναι οικολογικά διακριτό από τα άλλα. Ένα μωσαϊκό τοπίο συχνά χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό χωρικής ετερογένειας και μπορεί να υποστηρίξει μια ποικιλία ειδών και οικολογικών διαδικασιών. Η διάταξη και η διαμόρφωση των χωροψηφίδων μέσα σε ένα μωσαϊκό τοπίο μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις για τη λειτουργία των οικοσυστημάτων και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας.

Η κατανόηση της δομής του τοπίου είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της συνδεσιμότητας και του κατακερματισμού, η οποία με τη σειρά της βοηθά στην αξιολόγηση των σχέσεων μεταξύ των οικοσυστημάτων και των μέτρων, των αριθμών, των μεγεθών και των σχημάτων τους.



**Εικόνα 3.** Χωρική δομή του τοπίου: βασικοί όροι (επεξεργασμένο από Gökyer, 2013)

### **Λειτουργία τοπίου**

Η λειτουργία του τοπίου περιλαμβάνει την κίνηση των ζώων, των φυτών, της ενέργειας και των ορυκτών θρεπτικών ουσιών, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των στοιχείων. Τα κύρια δομικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν τη λειτουργία του τοπίου είναι οι διάδρομοι, οι θαμνοστοιχίες ή φράχτες, η μήτρα και τα δίκτυα. Οι διάδρομοι εξυπηρετούν πολλαπλές λειτουργίες, λειτουργούν ως οικότοποι για ορισμένα είδη, αποτελούν περιοχές μετακίνησης για την άγρια ζωή και φράγματα ή φίλτρα για συγκεκριμένες ροές και πηγές περιβαλλοντικών και βιοτικών επιπτώσεων. Επιπλέον, διευκολύνουν την κίνηση των ζώων, των φυτών, των υλικών και του νερού σε όλο το τοπίο. Οι διάδρομοι μαζί με τα ρέματα είναι αποτελεσματικοί στον έλεγχο των ροών νερού και θρεπτικών ουσιών. Τα δίκτυα περιέχουν εναλλακτικές οδούς για τη μετακίνηση των ειδών, με διαφορετικές διασταυρώσεις και μεγέθη πλεγμάτων, ενώ οι θαμνοστοιχίες προστατεύουν τις περιοχές από τα ζώα και επηρεάζουν τον άνεμο και το νερό (Gökyer, 2013).

Η συνδεσιμότητα είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία του τοπίου, καθώς τα κατακερματισμένα τοπία μπορούν να απειλήσουν σοβαρά τη βιοποικιλότητα και τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Οι χωροτάκτες γης διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στον καθορισμό του εάν και πώς τα τοπία διατηρούν τη φυσική συνδεσιμότητα και μετριάζουν τον κατακερματισμό των οικοτόπων για την υποστήριξη της υγείας των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας (Gökyer, 2013).



### **Αλλαγή τοπίου**

Η αλλαγή του τοπίου είναι μια δυναμική διαδικασία που επηρεάζεται από φυσικές διεργασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες. Περιλαμβάνει τροποποιήσεις στη δομή του τοπίου, το μωσαϊκό και τις σχέσεις μεταξύ των οικοσυστημάτων. Για να γίνει αντιληπτή αλλαγή του τοπίου, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ιστορικές διαδικασίες και η χρονική ανάλυση των παρατηρήσεων καθώς και το σύνολο των δεδομένων που διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο. Η παρακολούθηση των αλλαγών του τοπίου απαιτεί τη χρήση τεχνικών όπως αεροφωτογραφίες, χάρτες εδάφους και δορυφορικές εικόνες, ωστόσο η απόκτηση ποιοτικών δεδομένων για προηγούμενα χρόνια μπορεί να είναι δύσκολη.

Οι πέντε κύριες επιτακτικές δυνάμεις που οδηγούν στην αλλαγή του τοπίου είναι οι κοινωνικοοικονομικές, οι πολιτικές, οι τεχνολογικές, οι φυσικές και οι πολιτιστικές. Η προσβασιμότητα αποτελεί βασικό παράγοντα, καθώς η ανθρώπινη παρουσία σε μια περιοχή συχνά οδηγεί σε ταχείες αλλαγές .

Καθώς οι αλλαγές του τοπίου γίνονται όλο και πιο περίπλοκες και γρήγορες, υπάρχει ανάγκη για περιεκτικές και ολοκληρωμένες μεθόδους απογραφής, παρακολούθησης και αξιολόγησης των τοπίων σε μεγαλύτερη κλίμακα. Ο νέος τρόπος σκέψης και οι προηγμένες τεχνολογίες είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική παρακολούθηση αυτών των αλλαγών.

Τα εργαλεία και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην οικολογία τοπίου περιλαμβάνουν την τηλεπισκόπηση, τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), τη χωρική ανάλυση και τη μαθηματική μοντελοποίηση. Αυτά τα εργαλεία και οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των προτύπων και των διαδικασιών των τοπίων και για την ανάπτυξη μοντέλων για την πρόβλεψη μελλοντικών αλλαγών στη δομή και τη λειτουργία τους (Μαυρίδου, 2013). Αρκετές βασικές μετρήσεις και δείκτες, που αναλύονται στην επόμενη ενότητα, έχουν αναπτυχθεί για την ποσοτικοποίηση και την ανάλυση της έκτασης και των προτύπων του κατακερματισμού των οικοσυστημάτων. Αυτές οι μετρήσεις βοηθούν στην αξιολόγηση της δομής του τοπίου, της συνδεσιμότητας και της πιθανότητας μετακίνησης ειδών μέσα σε κατακερματισμένα τοπία (Turner et al., 2001). Η ανάλυση αυτών των μετρήσεων είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των οικολογικών συνεπειών του κατακερματισμού και για την καθοδήγηση των προσπαθειών διατήρησης (Vos et al., 2001).

### **2.3.2 Οι μετρήσεις τοπίου ως εργαλεία οικολογικής αξιολόγησης**

Οι μετρήσεις τοπίου είναι ποσοτικά μέτρα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση και την περιγραφή μοτίβων και διαδικασιών τοπίου. Αυτές οι μετρήσεις παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις οικολογικές επιπτώσεις των αλλαγών στη χρήση γης, ποσοτικοποιώντας διάφορες πτυχές του τοπίου, όπως ο κατακερματισμός των οικοτόπων,



η συνδεσιμότητα και η χωρική ποικιλομορφία (Burel & Baudry, 2003; McGarigal & Marks, 1995). Με την καταγραφή αυτών των χαρακτηριστικών του τοπίου, οι μετρήσεις βοηθούν τους ερευνητές και τους επαγγελματίες να κατανοήσουν τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στα οικοσυστήματα και να υποστηρίξουν τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων στη διαχείριση και διατήρηση της γης (McGarigal et al., 2012).

### **Μετρήσεις κατακερματισμού**

Οι μετρήσεις κατακερματισμού επικεντρώνονται στη διαίρεση και την απομόνωση των τμημάτων οικοτόπων μέσα σε ένα τοπίο. Ποσοτικοποιούν τον βαθμό στον οποίο ένα τοπίο είναι κατακερματισμένο, υποδεικνύοντας πόσο ασυνεχείς και διασκορπισμένοι έχουν γίνει οι οικοτόποι (McGarigal et al., 2012). Μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέτρηση κατακερματισμού είναι ο αριθμός των χωροψηφίδων (Number of Patches – NP), ο οποίος απλώς μετρά τον συνολικό αριθμό των τμημάτων οικοτόπων που υπάρχουν σε ένα τοπίο (Forman & Godron, 1986). Ο NP είναι μια θεμελιώδης μέτρηση, καθώς παρέχει μια βασική κατανόηση της χωρικής πολυπλοκότητας του τοπίου και της δυνατότητας απομόνωσης μεταξύ των χωροψηφίδων.

Το μέγεθος των χωροψηφίδων (Patch Size – PS) είναι μια άλλη κρίσιμη μέτρηση που χαρακτηρίζει την περιοχή των μεμονωμένων τμημάτων οικοτόπων μέσα στο τοπίο. Οι μεγαλύτερες χωροψηφίδες είναι γενικά πιο οικολογικά βιώσιμες, καθώς μπορούν να υποστηρίξουν μεγαλύτερους πληθυσμούς και να διατηρήσουν μεγαλύτερη γενετική ποικιλότητα (Hanski, 1999). Τα κατακερματισμένα τοπία με κυρίως μικρά τμήματα είναι επιρρεπή σε αυξημένα φαινόμενα ακμής, όπου η αναλογία περιμέτρου προς την περιοχή των χωροψηφίδων γίνεται σημαντική, επηρεάζοντας τα μικροκλίματα και τις οικολογικές διεργασίες (Fahrig, 2003).

Η μέτρηση της πυκνότητας των ακμών (Edge Density - ED) ποσοτικοποιεί την ποσότητα του οικοτόπου παρυφών σε ένα τοπίο, το οποίο είναι το όριο μεταξύ διαφορετικών τύπων κάλυψης γης (McGarigal et al., 2012). Η υψηλή πυκνότητα των ακμών μπορεί να προκύψει από τη διαδικασία κατακερματισμού και μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στις μικροκλιματικές συνθήκες, αλλοίωση της σύνθεσης των ειδών και αυξημένη ευπάθεια στα χυροκατακτητικά είδη (Fahrig, 2003; Forman & Godron, 1986).

### **Μετρήσεις συνδεσιμότητας**

Οι μετρήσεις συνδεσιμότητας αξιολογούν τον βαθμό στον οποίο οι χωροψηφίδες των οικοτόπων συνδέονται ή απομονώνονται, επηρεάζοντας την κίνηση των ειδών και τη ροή γονιδίων σε όλο το τοπίο (Fletcher et al., 2018). Μια βασική μέτρηση σε αυτή την κατηγορία είναι ο δείκτης εγγύτητας (Proximity Index – PI), ο οποίος υπολογίζει τη μέση απόσταση μεταξύ όλων των ζευγών χωροψηφίδων σε ένα τοπίο (McGarigal et al., 2012).



Μια υψηλή τιμή ΡΙ υποδηλώνει ότι οι χωροψηφίδες απέχουν πολύ μεταξύ τους, εμποδίζοντας τη διασπορά των ειδών και τον αποικισμό νέων περιοχών.

Η μέτρηση της μέσης απόστασης χωροψηφίδων (Mean Patch Distance – MPD) παρέχει μια συμπληρωματική προβολή της απομόνωσης των χωροψηφίδων. Ο MPD υπολογίζει τη μέση απόσταση από κάθε χωροψηφίδα έως την πλησιέστερη γειτονική χωροψηφίδα, με υψηλότερες τιμές που υποδηλώνουν μεγαλύτερη απομόνωση και μειωμένες ευκαιρίες μετακίνησης ειδών (Riitters et al., 2002).

Η έννοια της «περιοχής πυρήνα» (Core Area – CA) είναι επίσης σημαντική στην ανάλυση συνδεσιμότητας. Οι βασικές περιοχές αντιπροσωπεύουν τα πιο εσωτερικά και τα λιγότερο διαταραγμένα τμήματα των τμημάτων των οικοτόπων και είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση ευαίσθητων ειδών που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις επιδράσεις των άκρων (Riitters et al., 2002). Ο προσδιορισμός και η διατήρηση των βασικών περιοχών είναι ουσιαστικής σημασίας για τη διατήρηση της οικολογικής ακεραιότητας μέσα σε κατακερματισμένα τοπία.

### **Μετρήσεις ποικιλομορφίας**

Οι μετρήσεις ποικιλομορφίας επικεντρώνονται στη σύνθεση και την κατανομή διαφορετικών τύπων κάλυψης γης εντός του τοπίου (Turner et al., 2001). Η ποικιλότητα του τοπίου διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην υποστήριξη ποικίλων ειδών και οικολογικών λειτουργιών (Vos et al., 2001). Μία από τις βασικές μετρήσεις αυτής της κατηγορίας είναι ο δείκτης ποικιλότητας του Shannon (Shannon's Diversity Index – SHDI), ο οποίος υπολογίζει την ποικιλομορφία των τύπων κάλυψης γης με βάση την αναλογική αφθονία τους στο τοπίο (Forman & Godron, 1986). Οι υψηλότερες τιμές SHDI υποδεικνύουν πιο ποικίλα τοπία με ένα μείγμα διαφορετικών οικοτόπων, τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν ένα ευρύτερο φάσμα ειδών.

Ο δείκτης ποικιλομορφίας Simpson (Simpson's Diversity Index – SDI) είναι μια άλλη ευρέως χρησιμοποιούμενη μέτρηση που ποσοτικοποιεί την πιθανότητα δύο τυχαία σημεία σε ένα τοπίο να ανήκουν στον ίδιο τύπο κάλυψης γης (Riitters et al., 2002). Οι χαμηλότερες τιμές SDI υποδεικνύουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία, καθώς υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να βρεθούν διαφορετικοί τύποι κάλυψης γης σε τυχαίες τοποθεσίες.

Συνολικά, οι μετρήσεις τοπίου έχουν συμβάλει σημαντικά στις μελέτες οικολογίας τοπίου κατανοώντας τη σχέση μεταξύ δομής και λειτουργίας τοπίου, εκτιμώντας τις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων σχεδιασμού στα οικολογικά συστήματα, ποσοτικοποιώντας τα δομικά χαρακτηριστικά για βιώσιμο σχεδιασμό, παρακολουθώντας τις αλλαγές του τοπίου με την πάροδο του χρόνου και ενισχύοντας τα μέτρα αξιολόγησης του τοπίου.

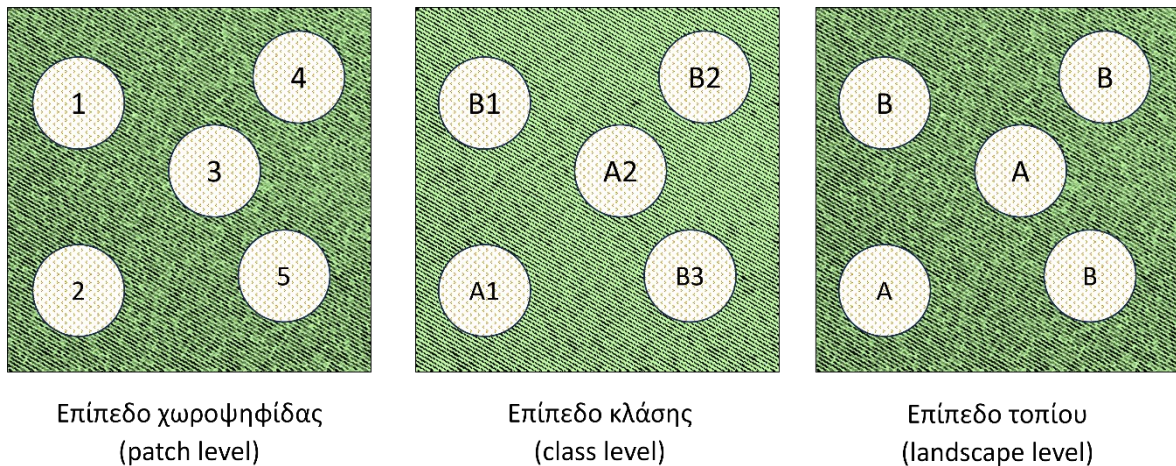
Τα ΣΓΠ σε συνδυασμό με τις μετρήσεις τοπίου διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο, επιτρέποντας την ανάλυση ψηφιακών δεδομένων και διευκολύνοντας τις μελέτες σχεδιασμού τοπίου. Διάφορα προγράμματα υπολογιστών όπως το Fragstats και το Patch Analyst έχουν

αναπτυχθεί για την ποσοτικοποίηση των μετρήσεων τοπίου, συμπεριλαμβανομένου και του πρόσθετου LecoS που είναι εγκατεστημένο στο QGIS. Το QGIS είναι ένα λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών δομημένο σε ανοικτό και ελεύθερο κώδικα.

Οι μετρήσεις τοπίου μπορούν να υπολογιστούν σε τρία επίπεδα (Εικόνα 4): σε επίπεδο χωροψηφίδας (patch level), σε επίπεδο κλάσης (class level) και σε επίπεδο τοπίου (landscape level), καθένα από τα οποία παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για διαφορετικές πτυχές του τοπίου. Όλες οι μετρήσεις ανεξάρτητα από το επίπεδο εμπίπτουν σε διάφορες κατηγορίες, οι οποίες έχουν μεταβληθεί με τα χρόνια λόγω της δημιουργίας νέων δεικτών. Σύμφωνα με τους McGarigal et al. (2023) οι μετρήσεις τοπίου κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- μετρήσεις περιοχής/πυκνότητας/ακμής (Area/Density/Edge metrics)
- μετρήσεις σχήματος (Shape metrics)
- μετρήσεις βασικής περιοχής (Core area metrics)
- μετρήσεις αντίθεσης (Contrast metrics)
- μετρήσεις συνάθροισης (Aggregation metrics)
- μετρήσεις ποικιλομορφίας (Diversity metrics)

Αυτές οι μετρήσεις βοηθούν στον προσδιορισμό της δομής του τοπίου, στην ποσοτικοποίηση των αλλαγών και στην αξιολόγηση του συνολικού τοπίου.



*Εικόνα 4. Αναπαράσταση των τριών επιπέδων μελέτης του τοπίου (ιδία επεξεργασία).*

### 2.3.3 Επιλογή και εφαρμογή μετρικών τοπίου σε φωτοβολταϊκά πάρκα

Η κατανόηση των χωροταξικών προτύπων και των οικολογικών επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων είναι απαραίτητη για τον αειφόρο σχεδιασμό και τη διαχείριση. Στο πλαίσιο αυτό, οι μετρήσεις τοπίου προσφέρουν πολύτιμα εργαλεία για την αξιολόγηση και τον μετριασμό των επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων στον κατακερματισμό των οικοσυστημάτων.



Κατά την αξιολόγηση των οικολογικών συνεπειών των φωτοβολταϊκών πάρκων, οι μετρήσεις τοπίου μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με διάφορες πτυχές του κατακερματισμού των οικοτόπων και των αλλαγών χρήσης γης.

Η επιλογή κατάλληλων μετρήσεων τοπίου για την εκτίμηση των επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων απαιτεί προσεκτική εξέταση διαφόρων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας δεδομένων, της κλίμακας ανάλυσης και της συνάφειας με τους οικολογικούς δείκτες. Οι ερευνητές πρέπει να προσδιορίσουν μετρήσεις που ευθυγραμμίζονται με τους συγκεκριμένους στόχους της αξιολόγησης και μπορούν να συλλάβουν αποτελεσματικά τις οικολογικές αλλαγές που σχετίζονται με την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών πάρκων (Tischendorf & Fahrig, 2000).

Ορισμένες βασικές μετρήσεις τοπίου που μπορεί να σχετίζονται ιδιαίτερα με τον κατακερματισμό των φωτοβολταϊκά πάρκα περιλαμβάνουν την πυκνότητα των χωροψηφίδων (patch density), το μέσο μέγεθος των χωροψηφίδων (mean patch size), την πυκνότητα ακμών (edge density) και τον δείκτη σχήματος τοπίου (landscape shape index). Η πυκνότητα των χωροψηφίδων καθορίζει τον αριθμό των διακριτών τμημάτων οικοτόπων μέσα στο τοπίο, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τον κατακερματισμό και την απομόνωση των οικοτόπων (McGarigal et al., 2012). Το μέσο μέγεθος των χωροψηφίδων, υποδεικνύει τη διαθεσιμότητα κατάλληλου οικοτόπου για την παραμονή ενός είδους (McGarigal et al., 2012). Η πυκνότητα των ακμών ποσοτικοποιεί την ποσότητα του οικοτόπου των ακμών των χωροψηφίδων, η οποία μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση και τις αλληλεπιδράσεις των ειδών (McGarigal et al., 2012). Ο δείκτης σχήματος τοπίου χαρακτηρίζει την πολυπλοκότητα των σχημάτων της κάθε χωροψηφίδας και μπορεί να είναι ενδεικτικός της ποιότητας και της ετερογένειας του οικοτόπου (Jaeger, 2000; McGarigal et al., 2012). Αυτά είναι από τα ελάχιστα ενδεικτικά παραδείγματα μετρικών τοπίου που μπορούν να χρησιμοποιούν για οικολογική αξιολόγηση.

Για τον υπολογισμό των μετρήσεων τοπίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόσθετο IecoS στο QGIS (ενότητα 2.3.5), ένα λογισμικό Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Αυτό το πρόσθετο προσφέρει ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων για ανάλυση τοπίου και παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή για μετρικό υπολογισμό (Mandelbrot et al., 2019). Η διαδικασία υπολογισμού περιλαμβάνει τον καθορισμό των απαραίτητων εισροών δεδομένων, την εκτέλεση συγκεκριμένων σταδίων επεξεργασίας και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων με βάση καθιερωμένες οικολογικές ερμηνείες των επιλεγμένων μετρήσεων (Mandelbrot et al., 2019; McGarigal et al., 2012).

### ***Ενσωμάτωση των μετρήσεων τοπίου στη λήψη αποφάσεων***

Η εφαρμογή μετρήσεων τοπίου στα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη λήψη βιώσιμων αποφάσεων και στον σχεδιασμό χρήσεων γης. Συγκεκριμένα, αυτές οι μετρήσεις διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στον εντοπισμό κατάλληλων τοποθεσιών για ανάπτυξη φωτοβολταϊκών, επιλέγοντας στρατηγικά περιοχές με χαμηλότερη οικολογική αξία και υψηλότερο δυναμικό εγκατάστασης, ελαχιστοποιώντας έτσι τις δυσμενείς



επιπτώσεις σε κρίσιμους οικοτόπους. Επιπλέον, μέσω της εφαρμογής των μετρήσεων τοπίου, οι διατάξεις των φωτοβολταϊκών πάρκων μπορούν να βελτιστοποιηθούν για την προώθηση της οικολογικής συνδεσιμότητας και την ελαχιστοποίηση του κατακερματισμού, διασφαλίζοντας την αρμονική συνύπαρξη μεταξύ των φωτοβολταϊκών υποδομών και της τοπικής βιοποικιλότητας. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα έγκειται στην τακτική παρακολούθηση των μετρήσεων τοπίου, επιτρέποντας στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να αξιολογούν συνεχώς τον αντίκτυπο των φωτοβολταϊκών πάρκων με την πάροδο του χρόνου, διευκολύνοντας τις προσαρμοστικές στρατηγικές διαχείρισης και τις στοχευμένες προσπάθειες διατήρησης. Τελικά, οι μετρήσεις τοπίου χρησιμεύουν ως πολύτιμη πηγή τεκμηριωμένων πληροφοριών, ενισχύοντας την ανάπτυξη πολιτικών και κανονισμών που προωθούν τη βιώσιμη πρόοδο της ηλιακής ενέργειας.

### **2.3.4 Τηλεπισκόπηση και τεχνικές GIS για ανάλυση κατακερματισμού**

Οι τεχνολογίες τηλεπισκόπησης και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS) έχουν φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο μελετάμε και αξιολογούμε τον κατακερματισμό των οικοσυστημάτων. Αυτές οι προηγμένες τεχνικές επιτρέπουν στους ερευνητές και τους οικολόγους να αποκτήσουν χωρικά δεδομένα σε διάφορες κλίμακες, διευκολύνοντας την ανάλυση των προτύπων τοπίου, των αλλαγών κάλυψης γης και του κατακερματισμού των οικοτόπων με ολοκληρωμένο και αποτελεσματικό τρόπο (Pettorelli et al., 2014; W. Turner et al., 2015). Σε αυτή την ενότητα, διερευνάται πώς χρησιμοποιούνται οι τεχνικές τηλεπισκόπησης και GIS στην ανάλυση κατακερματισμού, τονίζοντας τα οφέλη και τις εφαρμογές τους.

#### ***Τηλεπισκόπηση για ανάλυση κατακερματισμού***

Η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με την επιφάνεια της Γης από απόσταση, συνήθως χρησιμοποιώντας δορυφορικές ή αεροφωτογραφίες. Τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω της τηλεπισκόπησης μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία για την εξαγωγή πολύτιμων πληροφοριών σχετικά με την κάλυψη γης, τη βλάστηση και τις αλλαγές του τοπίου, επιτρέποντας στους ερευνητές να μελετήσουν τον κατακερματισμό του οικοσυστήματος και τις επιπτώσεις του (Mertes et al., 2016).

Μία από τις θεμελιώδεις εφαρμογές της τηλεπισκόπησης στην ανάλυση κατακερματισμού είναι η χαρτογράφηση της κάλυψης γης. Δορυφορικοί αισθητήρες καταγράφουν εικόνες της επιφάνειας της Γης σε διαφορετικές φασματικές ζώνες, επιτρέποντας τη διάκριση διαφόρων τύπων κάλυψης γης (D. Lu et al., 2020). Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους ταξινόμησης εικόνων, όπως Maximum Likelihood ή Random Forest, οι ερευνητές μπορούν να ταξινομήσουν το τοπίο σε διαφορετικές κατηγορίες, όπως δάση, λιβάδια, αστικές περιοχές και υδάτινα σώματα (Mertes et al., 2016). Αυτές οι πληροφορίες κάλυψης γης είναι απαραίτητες για την αξιολόγηση της έκτασης και της κατανομής των διαφόρων



τύπων οικοτόπων, η οποία αποτελεί κρίσιμη συνιστώσα της ανάλυσης του κατακερματισμού.

Η ανίχνευση αλλαγών είναι μια άλλη πολύτιμη εφαρμογή της τηλεπισκόπησης στην ανάλυση κατακερματισμού. Συγκρίνοντας ιστορικές δορυφορικές εικόνες με τα τρέχοντα δεδομένα, οι ερευνητές μπορούν να εντοπίσουν και να ποσοτικοποιήσουν τις αλλαγές στην κάλυψη γης με την πάροδο του χρόνου (W. Turner et al., 2015). Οι τεχνικές ανίχνευσης αλλαγών μπορούν να αποκαλύψουν περιοχές που έχουν υποστεί σημαντικούς μετασχηματισμούς, όπως η αποψίλωση των δασών, η αστικοποίηση ή η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων. Οι πληροφορίες αυτές είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση των κινητήριων δυνάμεων του κατακερματισμού των οικοσυστημάτων και την καθοδήγηση των προσπαθειών διατήρησης.

Οι δείκτες βλάστησης, όπως για παράδειγμα ο NDVI, παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την υγεία της βλάστησης σε ένα τοπίο (Pettorelli et al., 2014). Ο NDVI υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις φασματικές ζώνες εγγύς υπέρυθρου και κόκκινου και χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της έκτασης και της ποιότητας της κάλυψης βλάστησης (W. Turner et al., 2015). Οι αλλαγές στις τιμές NDVI μπορεί να υποδηλώνουν μεταβολές στην πυκνότητα και την υγεία της βλάστησης, οι οποίες μπορεί να προκύψουν από τον κατακερματισμό των οικοτόπων και τις αλλαγές στη χρήση γης.

### **Τεχνικές GIS για ανάλυση κατακερματισμού**

Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) είναι ένα ισχυρό εργαλείο που επιτρέπει την ολοκλήρωση, ανάλυση και οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων (W. Turner et al., 2015). Παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο για την αξιολόγηση των προτύπων τοπίου και του κατακερματισμού, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα εργαλείων και μεθόδων χωρικής ανάλυσης.

Η ανάλυση με ζώνες αποκλεισμού (buffer analysis) είναι μια κοινή τεχνική GIS που χρησιμοποιείται στην ανάλυση κατακερματισμού. Περιλαμβάνει τη δημιουργία ζωνών προστασίας γύρω από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως τμήματα οικοτόπων ή και φωτοβολταϊκά πάρκα, για την αξιολόγηση των επιπτώσεών τους στα γύρω τοπία (Pettorelli et al., 2014). Υπολογίζοντας το ποσοστό των τύπων κάλυψης γης εντός των ζωνών προστασίας, οι ερευνητές μπορούν να αξιολογήσουν πώς τα φωτοβολταϊκά πάρκα ή άλλες χρήσεις γης επηρεάζουν τη σύνθεση και την κατανομή των οικοτόπων στην περιοχή τους.

Ακόμα, η ανάλυση συνδεσιμότητας (connectivity analysis) είναι απαραίτητη για την κατανόηση του πόσο καλά συνδεδεμένα είναι τα διαφορετικά τμήματα οικοτόπων σε ένα τοπίο. Το GIS παρέχει διάφορα εργαλεία για την αξιολόγηση της συνδεσιμότητας τοπίου (W. Turner et al., 2015). Αυτά τα εργαλεία (Least Cost Path Analysis και Circuitscape) βοηθούν στον εντοπισμό πιθανών διαδρόμων ή μονοπατιών που διευκολύνουν τη μετακίνηση ειδών μεταξύ κατακερματισμένων οικοτόπων, βοηθώντας στον σχεδιασμό στρατηγικών διατήρησης για την ενίσχυση της συνδεσιμότητας.



Η ανάλυση που βασίζεται στις χωροψηφίδες, είναι η ευρέως χρησιμοποιούμενη και περιλαμβάνει τη διαμέριση του τοπίου σε διακριτά χωρία και την ανάλυση των χωρικών χαρακτηριστικών τους χρησιμοποιώντας εργαλεία GIS (Pettorelli et al., 2014). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους ερευνητές να υπολογίζουν μετρήσεις τοπίου, όπως το μέγεθος, το σχήμα και η συνδεσιμότητα των χωροψηφίδων, οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας για την ανάλυση κατακερματισμού (McGarigal et al., 2012). Η ανάλυση που βασίζεται στις χωροψηφίδες παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη χωρική δομή και τη διαμόρφωση κατακερματισμένων τοπίων, καθοδηγώντας τον σχεδιασμό διατήρησης και τη λήψη αποφάσεων.

### **Ενσωμάτωση τηλεπισκόπησης και GIS**

Η ενσωμάτωση των τεχνικών τηλεπισκόπησης και GIS αντιπροσωπεύει μια πολύτιμη και ολοκληρωμένη προσέγγιση στην ανάλυση κατακερματισμού. Αξιοποιώντας τα χωρικά δεδομένα της τηλεπισκόπησης σχετικά με την κάλυψη γης και τη βλάστηση και ενσωματώνοντάς τα αποτελεσματικά στο GIS, οι ερευνητές μπορούν να ποσοτικοποιήσουν με ακρίβεια τον κατακερματισμό, να εντοπίσουν περιοχές που χρήζουν ανησυχίας, να παρακολουθήσουν τις αλλαγές με την πάροδο του χρόνου, να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο των αλλαγών στη χρήση γης και να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των στρατηγικών διατήρησης. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση παρέχει βασικά εργαλεία για την κατανόηση και την αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει ο κατακερματισμός των οικοσυστημάτων, υποστηρίζοντας τον βιώσιμο χωροταξικό σχεδιασμό και τις αποτελεσματικές προσπάθειες διατήρησης.

### **2.3.5 Εισαγωγή στο Quantum GIS (QGIS) και στο πρόσθετο LecoS**

Το Quantum GIS, ευρέως γνωστό ως QGIS, είναι ένα ανοιχτού κώδικα λογισμικό Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ) που χρησιμοποιείται παγκοσμίως για ανάλυση, χαρτογράφηση και οπτικοποίηση χωρικών δεδομένων. Παρέχει μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή και πλήρες εργαλεία διαχείρισης γεωχωρικών δεδομένων. Η ευελιξία του ως ανοιχτού κώδικα λογισμικού επιτρέπει την προσαρμογή και επέκτασή του μέσω διάφορων πρόσθετων (QGIS Development Team, 2021).

Υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα μορφών διανυσμάτων (vector), ράστερ (raster) και βάσεων δεδομένων, καθιστώντας το συμβατό με διάφορες πηγές δεδομένων όπως shapfiles, GeoTIFF, PostGIS και άλλα. Παρέχει ισχυρά εργαλεία για την εισαγωγή, την εξαγωγή και τη μετατροπή δεδομένων και πολλές λειτουργίες γεωχωρικής ανάλυσης, όπως χωρική αναζήτηση (spatial querying), ζώνες αποκλεισμού (buffering), παρεμβολή (interpolation) και λειτουργίες επικάλυψης (overlay operations), επιτρέποντας στους ερευνητές να διερευνήσουν χωρικά πρότυπα και σχέσεις μέσα στα δεδομένα τους (Han et al., 2018).

Στον τομέα της οικολογίας τοπίου, το QGIS χρησιμοποιείται κυρίως λόγω της ικανότητάς του να διαχειρίζεται χωρικά δεδομένα. Χρησιμοποιείται για τη χαρτογράφηση οικοτόπων,



την ανάλυση συνδεσιμότητας, την ανίχνευση αλλαγών χρήσης γης και τη μοντελοποίηση κατανομής ειδών. Συμβάλλει στην αξιολόγηση του κατακερματισμού του τοπίου και στην κατανόηση των επιπτώσεων του (Feng et al., 2017; Hargis et al., 2019; Irons et al., 2012). Συνολικά, το QGIS αποτελεί αναπόσπαστο εργαλείο για την οικολογία τοπίου, επιτρέποντας την ανάλυση και τη διαχείριση πολύπλοκων χωρικών δεδομένων και συνεισφέροντας στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των φυσικών οικοσυστημάτων.

Το LecoS (Landscape Ecology Statistics) είναι ένα πρόσθετο για το λογισμικό ανοιχτού κώδικα Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών QGIS. Παρέχει εργαλεία για ανάλυση οικολογίας τοπίου και έχει σχεδιαστεί για ερευνητές, επαγγελματίες και φοιτητές που εργάζονται στην οικολογία τοπίου και τη βιολογία διατήρησης.

Με την εγκατάσταση, το πρόσθετο LecoS γίνεται αναπόσπαστο μέρος του περιβάλλοντος QGIS, με τα εργαλεία και τις λειτουργίες του προσβάσιμα από το κύριο μενού. Αυτή η ενσωμάτωση εξασφαλίζει μια φιλική προς το χρήστη εμπειρία για τους ερευνητές, καθώς μπορούν να αξιοποιήσουν τη δύναμη του LecoS χωρίς την ανάγκη πολύπλοκων εγκαταστάσεων λογισμικού ή μεταφοράς δεδομένων.

Το πρόσθετο LecoS υπολογίζει μια σειρά από μετρήσεις και δείκτες τοπίου, όπως κατακερματισμό τοπίου (landscape fragmentation), ποικιλομορφία οικοτόπων (habitat diversity) και συνδεσιμότητα τοπίου (landscape connectivity). Παρέχει επίσης εργαλεία οπτικοποίησης για την εξερεύνηση και την ερμηνεία μοτίβων και σχέσεων τοπίου, όπως γραφήματα τοπίου και χωρικούς χάρτες θερμότητας. Το LecoS είναι χρήσιμο εργαλείο για την οικολογία τοπίου καθώς ενσωματώνεται με το QGIS, το οποίο είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη και προσβάσιμη πλατφόρμα GIS. Συνολικά, το πρόσθετο LecoS είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για όποιον ενδιαφέρεται να κατανοήσει και να αναλύσει το μοτίβο του τοπίου και τις σχέσεις του με τις οικολογικές διαδικασίες.

### ***Εφαρμογή του LecoS στα φωτοβολταϊκά πάρκα***

Οι μετρήσεις τοπίου είναι ιδιαίτερα σημαντικές στον σχεδιασμό φωτοβολταϊκών πάρκων, καθώς βοηθούν στον εντοπισμό κατάλληλων τοποθεσιών για ηλιακούς συλλέκτες και στην αξιολόγηση των επιπτώσεων της ανάπτυξης πάρκων στην κάλυψη της γύρω γης. Για παράδειγμα, οι μετρήσεις τοπίου μπορούν να ενημερώσουν την επιλογή περιοχών με ελάχιστο κατακερματισμό και υψηλή συνδεσιμότητα, προωθώντας τον αποτελεσματικό σχεδιασμό χρήσης γης και ελαχιστοποιώντας τη διατάραξη των οικοτόπων.

Οι μετρήσεις τοπίου που προσφέρει το πρόσθετο LecoS για την αξιολόγηση του κατακερματισμού των οικοτόπων επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση του βαθμού διαίρεσης του τοπίου που προκαλείται από την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών πάρκων.

Υπολογίζοντας δείκτες όπως ο δείκτης διαχωρισμού (Splitting Index) και το πραγματικό μέγεθος πλέγματος (Effective Mesh Size), οι ερευνητές μπορούν να αξιολογήσουν τη



χωρική διάταξη των διαφορετικών χωροψηφίδων καλύψεων γης πριν και μετά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων. Αυτή η ανάλυση βοηθά στον εντοπισμό κρίσιμων περιοχών κατακερματισμού των οικοτόπων και στην καθοδήγηση των προσπαθειών διατήρησης για τον μετριασμό των οικολογικών επιπτώσεων.

### **Μετρικά του LecoS**

Σε αυτήν την ενότητα, περιγράφεται κάθε μέτρηση που υπολογίζει το πρόσθετο LecoS (Landscape Ecology statistics) του λογισμικού ανοιχτού κώδικα QGIS. Να σημειωθεί ότι όταν η δεξιά πλευρά της εξίσωσης πολλαπλασιάζεται επί 100 είναι για να μετατραπεί μια αναλογία σε ποσοστό, ενώ όταν πολλαπλασιάζεται ή διαιρείται κατά 10.000 είναι για τη μετατροπή των τετραγωνικών μέτρων (m<sup>2</sup>) σε εκτάρια (ha). Κάθε μέτρηση ορίζεται με μαθηματικούς όρους και αναφέρονται οι μονάδες μέτρησης, η «συμπεριφορά» και το θεωρητικό εύρος τιμών. Το ακρωνύμιο για τη κάθε μέτρηση δίνεται στην αριστερή πλευρά της εξίσωσης.

Οι περισσότερες πληροφορίες για την περιγραφή των παρακάτω δεικτών έχουν παρθεί εξ' ολοκλήρου από το εγχειρίδιο του στατιστικού προγράμματος κατακερματισμού τοπίου FRAGSTATS v4, πάνω στο οποίο βασίζεται και ο αλγόριθμος του πρόσθετου LecoS. Οι μετρήσεις που μπορεί να υπολογίσει το πρόσθετο LecoS (πλην των δεικτών ποικιλομορφίας, αναλυτικότερα στο Παράρτημα 1) είναι συνολικά 20 και αναλύονται παρακάτω σύμφωνα με εγχειρίδιο των McGarigal et al. (2012):

- **Land Cover**

Ο μέτρηση Land Cover (LC) είναι η συνολική έκταση που καλύπτεται από κάθε κλάση (class). Αναφέρεται στη φυσική κάλυψη ή βλάστηση στην επιφάνεια της Γης, όπως δάση, λιβάδια, υγροβιότοποι, αστικές περιοχές κ.λπ. Συνήθως ταξινομείται σε διαφορετικές κλάσεις με βάση τον τύπο και τη δομή της βλάστησης και χρησιμοποιείται για να περιγράψει την κατανομή και το πρότυπο των διαφόρων τύπων χρήσης γης στο τοπίο.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο LC επιστρέφει τον συνολικό αριθμό των κελιών (total number of cells) για κάθε κλάση σε ένα ταξινομημένο πλέγμα κάλυψης γης. Οι τιμές που επιστρέφονται πολλαπλασιάζονται με την εκθετική τιμή μεγέθους κελιού (cell size).

- **Landscape Proportion**

Η μέτρηση Landscape Proportion (LP) είναι η αναλογία τοπίου και αναφέρεται στο ποσοστό ενός συγκεκριμένου τύπου χρήσης γης (patch) στο συνολικό τοπίο. Για παράδειγμα, το ποσοστό δασικής κάλυψης σε ένα τοπίο μπορεί να υπολογιστεί ως η συνολική έκταση δασικής κάλυψης διαιρούμενη με τη συνολική έκταση του τοπίου.



Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο LP ορίζεται ως η αναλογία των κελιών κλάσης του αριθμού των συνολικών κελιών σε ένα ταξινομημένο πλέγμα κάλυψης γης.

- **Total Edge (Edge length) – Class level**

Ο δείκτης Total Edge (TE) αντιπροσωπεύει την περίμετρο όλων των χωροψηφίδων (patches) κάθε κλάσης (class). Αποτελεί μια σημαντική μέτρηση στην οικολογία τοπίου, καθώς επηρεάζει το επίπεδο του κατακερματισμού και της απομόνωσης των οικοτόπων, το οποίο μπορεί να επηρεάσει την κατανομή και την επιβίωση των ειδών. Τα πιο κατακερματισμένα τοπία αποδίδουν υψηλότερο TE. Έχει μονάδα μέτρησης τα μέτρα (m), εύρος τιμών  $TE \geq 0$  (χωρίς όριο), εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$$

Όπου  $e_{ik}$  είναι τα μήκη των ακμών (Edge lengths) σε μέτρα (m) μεταξύ των τύπων χωροψηφίδων  $i$  και  $k$ , ενώ  $m$  είναι αριθμός τύπων χωροψηφίδων (classes) που υπάρχουν στο τοπίο.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο ET επιστρέφει το άθροισμα του συνολικού μήκους άκρων (total edge length) όλων των χωροψηφίδων (patches) από μια δεδομένη κατηγορία (class) κάλυψης γης. Οι τιμές που επιστρέφονται πολλαπλασιάζονται με την καθορισμένη τιμή μεγέθους κελιού (cell size).

- **Edge Density – Class level**

Ο δείκτης Edge Density (ED) αντιπροσωπεύει την πυκνότητα των ακμών ανά μονάδα επιφάνειας του τοπίου, είναι ουσιαστικά η περίμετρος (Total Edge) διαιρούμενη με τη συνολική έκταση κάθε κλάσης (class). Η πυκνότητα των ακμών αντικατοπτρίζει το επίπεδο κατακερματισμού και απομόνωσης των οικοτόπων σε ένα τοπίο. Ειδικά σε εφαρμογές που περιλαμβάνουν σύγκριση διαφορετικών τοπίων, αυτός ο δείκτης (ED) μπορεί να είναι πιο χρήσιμος από τον TE. Ο ED έχει μονάδα μέτρησης τα μέτρα ανά εκτάριο ( $m \cdot ha^{-1}$ ), εύρος τιμών  $ED \geq 0$  (χωρίς όριο), εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} \cdot 10000$$

Όπου  $e_{ik}$  η συνολική περίμετρος (Total Edge) σε μέτρα (m) και  $A$  η συνολική έκταση του τοπίου σε τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ).



Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο ED επιστρέφει το συνολικό μήκος ακμών του τοπίου διαιρεμένο με τη συνολική έκταση του τοπίου. Και οι δύο τιμές πολλαπλασιάζονται με την τιμή μεγέθους κελιού (αντίστοιχα εκθετική με το μέγεθος κελιού στην περίπτωση της έκτασης τοπίου).

- **Number of Patches – Class level**

Ο δείκτης Number of Patches (NP) είναι ο αριθμός των χωροψηφίδων, συγκεκριμένα ο αριθμός των διακριτών χωροψηφίδων κάθε κατηγορίας. Για παράδειγμα, ο αριθμός των τμημάτων δασικής κάλυψης σε ένα τοπίο μπορεί να υπολογιστεί ως ο αριθμός των μεμονωμένων δασικών εκτάσεων εντός του τοπίου. Ο NP δεν έχει μονάδα μέτρησης, έχει εύρος τιμών  $NP \geq 1$  (χωρίς όριο), εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$NP = n_i$$

Όπου  $n_i$  είναι ο αριθμός των χωροψηφίδων. Εάν  $NP = 1$  τότε το τοπίο αποτελείται εξ' ολοκλήρου από έναν τύπο χωροψηφίδων.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο NP πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένων στοιχείων και επιστρέφει των αριθμό από όλες τις διακριτές χωροψηφίδες που έχουν εντοπιστεί ανά κλάση.

- **Patch Density – Class level**

Ο δείκτης Patch Density (PD) δείχνει πόσο πυκνές είναι οι χωροψηφίδες μέσα στο τοπίο. Υψηλότερες πυκνότητες χωροψηφίδων μπορούν να υποστηρίξουν περισσότερα είδη και μεγαλύτερη βιοποικιλότητα, επειδή προσφέρουν μεγαλύτερη ποσότητα κατάλληλου οικοτόπου και περισσότερες ευκαιρίες για συνύπαρξη διαφορετικών ειδών. Ο PD έχει μονάδα μέτρησης τον αριθμό χωροψηφίδων ανά 100 εκτάρια, έχει εύρος τιμών  $PD > 0$  (χωρίς όριο), εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$PD = \frac{n_i}{A} \cdot 10000 \cdot 100$$

Όπου  $n_i$  είναι ο αριθμός των χωροψηφίδων και  $A$  η συνολική έκταση του τοπίου.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο PD πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένων στοιχείων και υπολογίζει το προσδιορισμένο μέγεθος περιοχής ανά κλάση. Η περιοχή πολλαπλασιάζεται με την εκθετική τιμή μεγέθους κελιού (cell size). Στη συνέχεια, η αναγνωρισμένη περιοχή διαιρείται με τον αριθμό των διακριτών χωροψηφίδων.



- **Greatest Patch Area**

Η μέτρηση Greatest Patch Area αποδίδει την έκταση της μεγαλύτερης χωροψηφίδας κάθε κλάσης, δηλαδή τη μεγαλύτερη έκταση ενός συγκεκριμένου τύπου χρήσης γης μέσα στο τοπίο. Είναι μια σημαντική μέτρηση επειδή αντικατοπτρίζει το μέγεθος της μεγαλύτερης συνεχούς έκτασης οικοτόπου για πιθανά ένα συγκεκριμένο είδος ή οικοσύστημα.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS η μέτρηση Greatest Patch Area πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένου στοιχείου και επιστρέφει το μεγαλύτερο αναγνωρισμένο μέγεθος διακριτής χωροψηφίδας πολλαπλασιασμένο με την εκθετική τιμή μεγέθους κελιού (cell size).

- **Smallest Patch Area**

Αντίστοιχα, η μέτρηση Smallest Patch Area δίνει την έκταση της μικρότερης χωροψηφίδας κάθε κλάσης, δηλαδή τη μικρότερη περιοχή ενός συγκεκριμένου τύπου χρήσης γης μέσα στο τοπίο. Αντιπροσωπεύει το ελάχιστο μέγεθος οικοτόπου που μπορεί (θεωρητικά) να είναι κατάλληλο για ένα συγκεκριμένο είδος ή οικοσύστημα.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS η μέτρηση Smallest Patch Area πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένου στοιχείου και επιστρέφει το μικρότερο προσδιορισμένο μέγεθος διακριτής χωροψηφίδας πολλαπλασιασμένο με την εκθετική τιμή μεγέθους κελιού (cell size).

- **Mean Patch Area**

Η μέτρηση Mean Patch Area δίνει τη μέση έκταση των χωροψηφίδων σε μια κλάση, δηλαδή το μέσο μέγεθος των χωροψηφίδων μέσα στο τοπίο. Υπολογίζεται διαιρώντας τη συνολική έκταση των χωροψηφίδων με τον αριθμό των χωροψηφίδων.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS η μέτρηση Mean Patch Area πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένου στοιχείου και επιστρέφει το μέσο προσδιορισμένο μέγεθος διακριτής χωροψηφίδας πολλαπλασιασμένο με την εκθετική τιμή μεγέθους κελιού.

- **Median Patch Area**

Η μέτρηση Median Patch Area δίνει τη διάμεσο των χωροψηφίδων σε μια κλάση. Είναι ένα μέτρο κατακερματισμού τοπίου ή οικοτόπων και χρησιμοποιείται συνήθως σε οικολογικές μελέτες για την αξιολόγηση του αντίκτυπου του κατακερματισμού των οικοτόπων στον πλούτο των ειδών, την ποικιλότητα και τη λειτουργία του οικοσυστήματος.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS η μέτρηση Median Patch Area πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένου στοιχείου και επιστρέφει τη μέση απόσταση μεταξύ όλων των



χωροψηφίδων της ίδιας κλάσης. Επιστρέφονται οι τιμές ευκλείδειας απόστασης πολλαπλασιασμένες με το δεδομένο μέγεθος κελιού.

- **Largest Patch Index – Class level**

Ο δείκτης Largest Patch Index (LPI) μετρά το ποσοστό μιας περιοχής κατηγορίας τοπίου που καταλαμβάνεται από τη μεγαλύτερη χωροψηφίδα σε αυτήν την κατηγορία, δηλαδή το ποσοστό του συνολικού τοπίου που καλύπτεται από το μεγαλύτερο κομμάτι ενός συγκεκριμένου τύπου χρήσης γης. Ο LPI ως μονάδα εκφράζεται επί τις εκατό (%) με εύρος τιμών  $0 < LPI \leq 100$ , εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} \cdot 100$$

Όπου  $\max(a_{ij})$  είναι το εμβαδόν χωροψηφίδων σε τετραγωνικά μέτρα και το A είναι η συνολική έκταση του τοπίου σε τετραγωνικά μέτρα.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο δείκτης LPI ισούται με το εμβαδόν της μεγαλύτερης χωροψηφίδας στο τοπίο διαιρούμενο με τη συνολική επιφάνεια τοπίου, πολλαπλασιαζόμενη επί 100 (για μετατροπή σε ποσοστό). Με άλλα λόγια, ο LPI ισούται με το ποσοστό του τοπίου που περιλαμβάνει τη μεγαλύτερη χωροψηφίδα.

- **Euclidean Nearest-Neighbor Distance – Patch level**

Ο δείκτης Euclidean Nearest-Neighbor Distance (ENN) μετράει την εγγύτητα των χωροψηφίδων μέσα σε ένα τοπίο. Υπολογίζεται ως η μικρότερη απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο χωροψηφίδων. Αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για την ποσοτικοποίηση των χωρικών προτύπων στην οικολογία και μπορεί να προσφέρει πολύτιμες γνώσεις για τη δυναμική των πληθυσμών και τις αλληλεπιδράσεις τους με το περιβάλλον. Ο ENN έχει μονάδα μέτρησης τα μέτρα (m), εύρος τιμών  $ENN > 0$  (χωρίς όριο), εφαρμόζεται μόνο σε Raster (Grid) επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$ENN = h_{ij}$$

Όπου  $h_{ij}$  είναι η απόσταση από το πλησιέστερο γειτονικό τμήμα της ίδιας κατηγορίας i σε μέτρα.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο δείκτης ENN ισούται με την απόσταση (m) από την πλησιέστερη γειτονική χωροψηφίδα του ίδιου τύπου, με βάση τη μικρότερη απόσταση από ακμή σε ακμή. Οι αποστάσεις από ακμή σε ακμή είναι από κέντρο κελιού σε κέντρο κελιού. Ο ENN ισούται με 0 εάν υπάρχει μόνο μια χωροψηφίδα.



- **Fractal Dimension Index – Patch level**

Ο δείκτης **Fractal Dimension Index (FRACT)** μετράει τον βαθμό πολυπλοκότητας κάθε κλάσης και εφαρμόζεται σε ολόκληρο το τοπίο. Αντικατοπτρίζει τη χωρική διάταξη των χωροψηφίδων και χρησιμοποιείται συχνά για τον ποσοτικό προσδιορισμό του βαθμού κατακερματισμού σε ένα τοπίο. Χρησιμοποιεί τον επόμενο σε σειρά δείκτη Perimeter-Area Ratio στον υπολογισμό του. Ο FRACT δεν έχει μονάδα μέτρησης, έχει εύρος τιμών  $1 \leq \text{FRACT} \leq 2$ , εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{FRACT}_{\text{Vector}} = \frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \quad \text{FRACT}_{\text{Raster}} = \frac{2 \ln(0.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}}$$

Όπου  $p_{ij}$  είναι η περίμετρος της χωροψηφίδας σε μέτρα και  $a_{ij}$  είναι η έκταση της χωροψηφίδας σε τετραγωνικά μέτρα.

Όταν ο δείκτης FRACT τείνει προς την τιμή 1 σημαίνει ότι οι χωροψηφίδες έχουν τετραγωνικό ή κυκλικό σχήμα, ενώ όταν τείνει προς την τιμή 2 έχουν ακανόνιστο πολύπλοκο σχήμα. Ο τύπος για raster επίπεδο προσαρμόζεται (επί 0.25) για να διορθώνει παραμορφώσεις ή ανωμαλίες στην περίμετρο της χωροψηφίδας.

- **Mean Patch Shape Ratio (Perimeter-Area Ratio) – Patch level**

Η μέτρηση Mean Patch Shape Ratio (PARA) είναι ένα μέτρο του σχήματος των χωροψηφίδων μέσα σε ένα τοπίο. Ο PARA δεν έχει μονάδα μέτρησης, έχει εύρος τιμών  $\text{PARA} > 0$ , εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{PARA} = \frac{p_{ij}}{a_{ij}}$$

Όπου  $p_{ij}$  είναι η περίμετρος της χωροψηφίδας σε μέτρα και  $a_{ij}$  είναι η έκταση της χωροψηφίδας σε τετραγωνικά μέτρα.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS η μέτρηση Mean Patch Shape Ratio επιστρέφει το μέσο σχήμα της χωροψηφίδας. Το σχήμα της χωροψηφίδας ορίζεται ως το πηλίκο της περιμέτρου και της έκτασης της περιοχής των χωροψηφίδων. Ο PARA αυξάνεται, χωρίς όριο, καθώς αυξάνεται η πολυπλοκότητα του σχήματος.

- **Overall Core Area (Total Core Area) – Class level**

Ο δείκτης Total Core Area (TCA) είναι η συνολική επιφάνεια των εσωτερικών περιοχών των χωροψηφίδων μέσα σε ένα τοπίο. Μειώνει τη οριακή κλάση κατά ένα κελί και στη συνέχεια επιστρέφει τη συνολική έκταση αυτής της κλάσης. Είναι χρήσιμο στο να ελέγχονται οι επιπτώσεις των άκρων στον οικότοπο (καταλληλόλητα ειδών). Ο υπολογισμός του βασίζεται στη συνολική επιφάνεια της χωροψηφίδας και στο σχήμα. Ο



TCA δεν έχει μονάδα μέτρησης τα εκτάρια (ha), έχει εύρος τιμών  $TCA \geq 0$ , εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$TCA = \sum_{j=1}^n a_{ij}^{core} \cdot \frac{1}{10000}$$

Όπου  $a_{ij}^{core}$  είναι η περιοχή πυρήνα σε τετραγωνικά μέτρα.

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο TCA πρώτα πραγματοποιεί μια επισήμανση συνδεδεμένων στοιχείων. Στη συνέχεια, τα προσδιορισμένα όρια των χωροψηφίδων μειώνονται κατά μία τιμή κελιού και επιστρέφεται η περιοχή που προκύπτει. Οι τιμές που επιστρέφονται πολλαπλασιάζονται με την εκθετική τιμή μεγέθους κελιού.

- **Like Adjacencies – Class level**

Ο δείκτης Like Adjacencies (LADJ) είναι το ποσοστό των κελιών που συνορεύουν με την ίδια κλάση κελιών σε σχέση με τις ακμές των χωροψηφίδων. Υψηλές αναλογίες σημαίνουν ότι η χωροψηφίδα είναι πιο πυκνή και συσσωματωμένη. Αυτή η μέτρηση αντικατοπτρίζει τον βαθμό ομοιογένειας ή ομοιότητας στο τοπίο και μπορεί να επηρεάσει την κατανομή και την επιβίωση των ειδών. Ο LADJ εκφράζεται επί τις εκατό (%) με εύρος τιμών  $0 \leq LADJ \leq 100$ , εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$LADJ = \frac{g_{ij}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \cdot 100$$

Όπου  $g_{ij}$  είναι ο αριθμός γειτνιάσεων μεταξύ των κελιών της κλάσης  $i$  και  $j$ , ομοίως  $g_{ik}$  ο αριθμός γειτνιάσεων μεταξύ των κελιών της κλάσης  $i$  και  $k$ .

Στο περιβάλλον της επέκτασης LecoS ο LADJ υπολογίζει την αναλογία των εσωτερικών ακμών (ίδιο κελί που συνορεύει με το ίδιο κελί) σε σχέση με όλες τις ακμές του τμήματος (εσωτερικά και εξωτερικά). Ένα υψηλότερο ποσοστό θα έδειχνε μια πυκνότερη συσσωμάτωση με τα κελιά να είναι πιο κοντά μεταξύ τους και έτσι μια πιο συγκεντρωτική χωροψηφίδα.

- **Patch Cohesion Index – Class level**

Ο δείκτης Patch Cohesion (COHESION) είναι μια μέτρηση που χρησιμοποιείται στην οικολογία τοπίου για να ποσοτικοποιήσει τη συνδεσιμότητα (φυσική σύνδεση) ή τη συνοχή των χωροψηφίδων μέσα σε ένα τοπίο. Αξιολογεί τον βαθμό στον οποίο μεμονωμένες χωροψηφίδες συνδέονται μεταξύ τους, υποδεικνύοντας τη δυνατότητα κίνησης των οργανισμών ή τη ροή οικολογικών διεργασιών σε όλο το τοπίο. Οι υψηλότερες τιμές COHESION υποδεικνύουν μεγαλύτερη συνοχή μπαλωμάτων και βελτιωμένη συνδεσιμότητα τοπίου, η οποία μπορεί να είναι σημαντική για τη διασπορά των ειδών, τη



ροή γονιδίων και τη συνολική λειτουργία του οικοσυστήματος. Προσεγγίζει το 0 καθώς το τοπίο υποδιαιρείται ολοένα και λιγότερο και συνδέεται λιγότερο φυσικά. Ο COHESION εκφράζεται επί τις εκατό (%) με εύρος τιμών  $0 < \text{COHESION} < 100$ , εφαρμόζεται σε Raster/Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{COHESION} = 1 - \left( \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}}{\sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \sqrt{a_{ij}}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right)^{-1} \cdot 100$$

Όπου  $p_{ij}$  είναι η περίμετρος της χωροψηφίδας σε μέτρα,  $a_{ij}$  η έκταση της χωροψηφίδας σε τετραγωνικά μέτρα και  $Z$  ο αριθμός των κελιών.

Όταν ο δείκτης COHESION τείνει προς την τιμή 0 σημαίνει ότι οι χωροψηφίδες της κλάσης  $i$  είναι πιο απομονωμένες, ενώ όταν αυξάνεται σημαίνει ότι οι χωροψηφίδες της κλάσης  $i$  είναι πιο συγκεντρωτικές (πολύ κοντά η μία με την άλλη).

- **Landscape Division Index – Class level**

Ο δείκτης Landscape Division Index (DIVISION) είναι μια μέτρηση που χρησιμοποιείται στην οικολογία τοπίου για να ποσοτικοποιήσει τον κατακερματισμό και τη χωρική ετερογένεια ενός τοπίου. Παρέχει ένα μέτρο για το πώς κατανέμονται διαφορετικά τμήματα γης σε ένα τοπίο και πόσο καλά συνδέονται. Η δυνατότητα δύο ατόμων να συναντηθούν αποτελεί προϋπόθεση για την επιβίωση ενός πληθυσμού. Εκεί βασίζεται και ο συγκεκριμένος δείκτης, στην ικανότητα δύο ζώων, που τοποθετούνται σε διαφορετικές περιοχές σε μια περιοχή, να βρεθούν το ένα με το άλλο μέσα στο τοπίο. Ο DIVISION εκφράζεται σε ποσοστό με εύρος τιμών  $0 \leq \text{DIVISION} < 1$ , εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{DIVISION} = \left( 1 - \sum_{j=1}^n \left( \frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \right)$$

Όπου  $a_{ij}$  είναι η έκταση της χωροψηφίδας σε τετραγωνικά μέτρα και  $A$  η συνολική έκταση του τοπίου σε τετραγωνικά μέτρα.

Όταν  $\text{DIVISION} = 0$  το τοπίο αποτελείται από μία μόνο χωροψηφίδα, ενώ όταν προσεγγίζει το 1 όλες οι χωροψηφίδες της κλάσης  $i$  είναι μεμονωμένα κελιά.

- **Effective Mesh Size – Class level**

Ο δείκτης Effective Mesh Size (MESH) είναι μια μέτρηση που χρησιμοποιείται στην οικολογία τοπίου για την ποσοτικοποίηση της συνδεσιμότητας του τοπίου και της διαπερατότητας της θεμελιώδους επιφάνειας του τοπίου για την κίνηση των οργανισμών. Είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αξιολόγηση των επιπτώσεων του κατακερματισμού των



οικοτόπων στη διασπορά των ειδών και στη ροή γονιδίων. Ο συνδυασμός των DIVISION-MESH και αντίστροφα είναι περιττός, καθώς συσχετίζονται άμεσα με μόνη διαφορά τη μονάδα μέτρησης. Ο MESH εκφράζεται σε εκτάρια (ha), έχει εύρος τον λόγο του μεγέθους των κελιών προς την έκταση του τοπίου ( $A \leq MESH \leq$  συνολική έκταση (A)). Εφαρμόζεται σε Raster/ Vector επίπεδο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$MESH = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A} \cdot \frac{1}{10000}$$

Όπου  $a_{ij}$  είναι η έκταση της χωροψηφίδας  $ij$  σε τετραγωνικά μέτρα και  $A$  η συνολική έκταση του τοπίου σε τετραγωνικά μέτρα.

- **Splitting Index – Class level**

Ο δείκτης Splitting Index (SPLIT) είναι μια μέτρηση που χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση του κατακερματισμού των οικοτόπων μέσα σε ένα τοπίο. Μετρά τον βαθμό στον οποίο ένα τοπίο χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα και παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις του κατακερματισμού στους πληθυσμούς των ειδών και στις οικολογικές διεργασίες.

$$SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$$

Όπου  $a_{ij}$  είναι η έκταση της χωροψηφίδας  $ij$  σε τετραγωνικά μέτρα και  $A$  η συνολική έκταση του τοπίου σε τετραγωνικά μέτρα.

### 2.3.6 Ενσωμάτωση Natura 2000 στην οικολογική αξιολόγηση

Το Natura 2000 είναι ένα δίκτυο προστατευόμενων περιοχών που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο διατήρησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το οποίο περιλαμβάνει Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ) (European Commission, n.d.). Αυτές οι χαρακτηρισμένες τοποθεσίες διαδραματίζουν καίριο ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και της οικολογικής ακεραιότητας σε ολόκληρη την Ευρώπη (European Commission, n.d.). Κατά τη διενέργεια οικολογικών αξιολογήσεων, η ενσωμάτωση δεδομένων Natura 2000 είναι απαραίτητη για την εξέταση των οικολογικών επιπτώσεων της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών πάρκων εντός ή πλησίον αυτών των προστατευόμενων περιοχών.

Η ενσωμάτωση του δικτύου Natura 2000 στο πλαίσιο οικολογικής αξιολόγησης περιλαμβάνει διάφορες βασικές εκτιμήσεις. Πρώτον, είναι απαραίτητο να αναγνωριστεί η σημασία των ορίων των προστατευόμενων περιοχών στον καθορισμό των ορίων εντός των οποίων πρέπει να διενεργούνται οικολογικές αξιολογήσεις. Ο σεβασμός αυτών των ορίων



διασφαλίζει ότι οι επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων αξιολογούνται σε σχέση με τις οικολογικές αξίες και τους στόχους διατήρησης της προστατευόμενης περιοχής (European Commission, n.d.).

Δεύτερον, η αξιολόγηση θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών πάρκων και των οικοτόπων ειδών εντός των περιοχών Natura 2000. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η θέση, το μέγεθος και η σχετική υποδομή του πάρκου μπορούν να επηρεάσουν τις απαιτήσεις των οικοτόπων και τις μετακινήσεις των προστατευόμενων ειδών είναι ζωτικής σημασίας για ακριβείς οικολογικές αξιολογήσεις (IUCN, 2014).

Τέλος, η αξιολόγηση των χωρικών σχέσεων μεταξύ των περιοχών Natura 2000 και των φωτοβολταϊκών πάρκων περιλαμβάνει την εξέταση της συνδεσιμότητας. Η συνδεσιμότητα των οικοτόπων εντός και μεταξύ των προστατευόμενων περιοχών είναι ζωτικής σημασίας για τη μετακίνηση και τη διασπορά των ειδών, καθώς και για τη διατήρηση των οικολογικών διεργασιών και της ροής γονιδίων (Haddad et al., 2015). Η αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών πάρκων στη συνδεσιμότητα των οικοτόπων βοηθά στον εντοπισμό πιθανών συγκρούσεων και στον σχεδιασμό στρατηγικών μετριασμού για την ελαχιστοποίηση της οικολογικής διαταραχής (IUCN, 2014).

Για την ενσωμάτωση των δεδομένων Natura 2000 στο πλαίσιο οικολογικής αξιολόγησης, οι ερευνητές μπορούν να επικαλύψουν τα όρια των προστατευόμενων περιοχών από τους χάρτες Natura 2000 με τους χάρτες των φωτοβολταϊκών πάρκων. Αυτή η χωρική ανάλυση επιτρέπει τον εντοπισμό αλληλεπικαλυπτόμενων περιοχών, οι οποίες ενδέχεται να απαιτούν λεπτομερέστερες εκτιμήσεις λόγω πιθανών συγκρούσεων ή ευαίσθητων οικολογικών χαρακτηριστικών (European Commission, n.d.).

Επιπλέον, η αξιολόγηση των χωρικών σχέσεων μεταξύ των περιοχών Natura 2000 και των φωτοβολταϊκών πάρκων περιλαμβάνει την αξιολόγηση της εγγύτητας και των πιθανών αλληλεπιδράσεων μεταξύ αυτών των περιοχών. Αυτή η ανάλυση βοηθά να προσδιοριστεί εάν η θέση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου μπορεί να επηρεάσει την οικολογική συνδεσιμότητα ή την οικολογική λειτουργία των κοντινών προστατευόμενων περιοχών (IUCN, 2014).

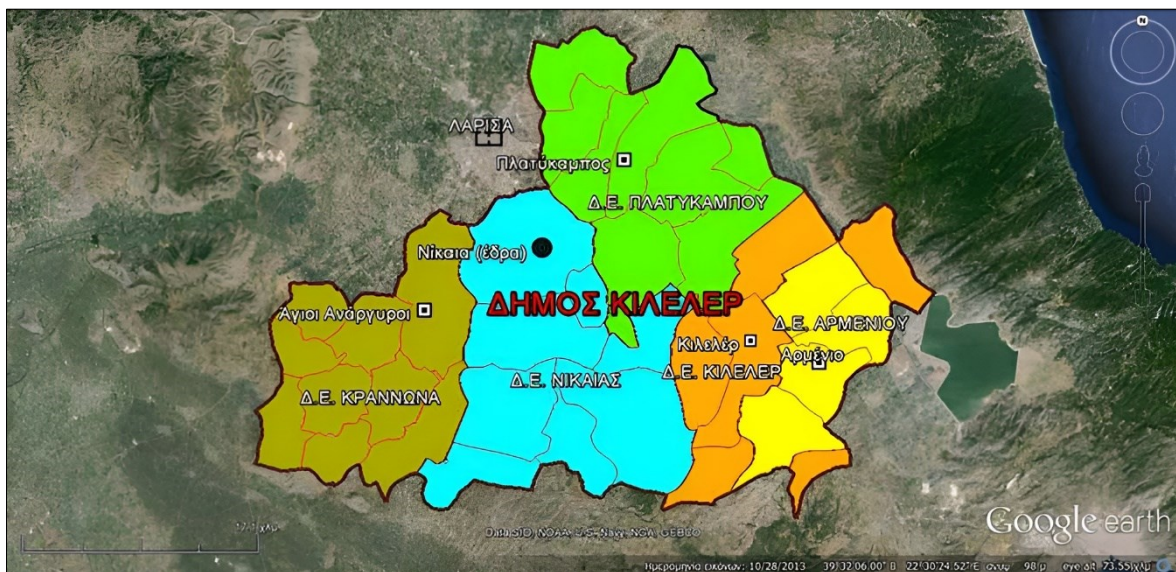
Συνοπτικά, η ενσωμάτωση των δεδομένων Natura 2000 στις οικολογικές αξιολογήσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων διασφαλίζει ότι λαμβάνονται επαρκώς υπόψη οι επιπτώσεις αυτών των εξελίξεων στις προστατευόμενες περιοχές, τα ενδιαφέροντα ειδών και τη συνδεσιμότητα. Με την επικάλυψη των ορίων των προστατευόμενων περιοχών, την αξιολόγηση των οικοτόπων των ειδών και την αξιολόγηση των χωρικών σχέσεων, το πλαίσιο οικολογικής αξιολόγησης μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για τον αειφόρο σχεδιασμό χρήσης γης και τη λήψη αποφάσεων διατήρησης.

### 3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΚΙΛΕΛΕΡ

#### 3.1 Υφιστάμενη κατάσταση

Ο Δήμος Κιλελέρ ανήκει στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας της Περιφέρειας Θεσσαλίας και προέκυψε μέσα από το Πρόγραμμα Καλλικράτης. Αποτελείται από 35 Τοπικές Κοινότητες και ενοποιήθηκε με τους προηγούμενους Καποδιστριακούς δήμους Κιλελέρ, Νικαίας, Κραννώνας, Πλατυκάμπου και Αρμενίου. Η έκταση του Δήμου ανέρχεται σε 975,29 km<sup>2</sup>, ενώ ο πληθυσμός του φτάνει τους 18.068 κατοίκους, σύμφωνα με την απογραφή του 2021 (20.854 με την απογραφή του 2011). Η έδρα του νέου Δήμου επιλέχθηκε να είναι η Νίκαια, αλλά ιστορικά ανήκει στο Κιλελέρ ([kileler.gov.gr](http://kileler.gov.gr)).

Το όνομα Κιλελέρ είναι τουρκικής προέλευσης, συγκεκριμένα από τη λέξη "göleler" (γκιολελέρ), που δηλώνει "ελώδης τόπος" και σταδιακά εξελίχθηκε σε "Κιλελέρ". Η επιλογή του ονόματος δεν είναι καθόλου τυχαία, καθώς στο παρελθόν υπήρχαν πολλά έλη στην περιοχή. Σήμερα ο Δήμος Κιλελέρ είναι χαρακτηριστικά αγροτικός, πεδινός και καλλιεργούνται περίπου 770 χιλιάδες στρέμματα ([kileler.gov.gr](http://kileler.gov.gr)).



Εικόνα 5. Δήμος Κιλελέρ ([kileler.gov.gr](http://kileler.gov.gr)).

Βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος 39.5048 και γεωγραφικό μήκος 22.6395 (39° 30' 17" Βοράς, 22° 38' 22" Ανατολή). Το κλίμα της περιοχής, σύμφωνα με την κατάταξη κλίματος Köppen είναι Csa, δηλαδή κατεξοχήν μεσογειακό κλίμα, με τη μέση θερμοκρασία του πιο θερμού μήνα να είναι υψηλότερη των 22°C, ενώ τουλάχιστον τέσσερις μήνες τον χρόνο παρουσιάζει θερμοκρασία ψηλότερη των 10°C ([db-city.com](http://db-city.com)).

Τέλος, στην περιοχή της Θεσσαλίας, ειδικότερα στον Δήμο Κιλελέρ, αντιμετωπίζεται πρόβλημα έλλειψης νερού τόσο για πόσιμη χρήση όσο και για άρδευση (ΔΕΥΑΚ).



### 3.2 Προστατευόμενες – Οικολογικά ευαίσθητες περιοχές

Η περιοχή του Δήμου Κιλελέρ περιλαμβάνει διάφορες προστατευόμενες και οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, καθεμία από τις οποίες διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και των φυσικών οικοτόπων (Εικόνα 6). Να σημειωθεί ότι όλες οι αποστάσεις παρακάτω αναφέρονται στην οριζοντιογραφική απόσταση μεταξύ των κοντινότερων σημείων των πολυγώνων.

Τα Εθνικά Πάρκα και οι Εθνικοί Δρυμοί αποτελούν σημαντικά φυσικά αποθέματα. Ενώ ο Δήμος Κιλελέρ βρίσκεται εκτός των συνόρων τους, ο γειτονικός Εθνικός Δρυμός του Ολύμπου, περίπου 38 χιλιόμετρα μακριά από το Δ. Κιλελέρ, και άλλα Εθνικά Πάρκα σε σχετικά κοντινή απόσταση, περίπου 90 χιλιόμετρα, συμβάλλουν στο οικολογικό τοπίο της περιοχής. Ο δήμος, βρίσκεται εντός του εθνικού δικτύου προστασίας της φύσης Natura 2000, καθώς περιλαμβάνει τρεις Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) με κωδικούς GR1420011, GR1420006, GR1430007 και μία Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΕΖΔ) με κωδικό GR1420004. Μεταξύ αυτών, η Περιοχή Θεσσαλικού Κάμπου (GR1420011) φιλοξενεί το παγκοσμίως απειλούμενο είδος γερακιού *Falco naumaii*, γνωστό στον Ελλαδικό χώρο ως Κιρκινέζι, η επιβίωση του οποίου κινδυνεύει από πολλαπλές απειλές. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α. «η καταστροφή των παλιών κτιρίων στα οποία βρίσκονται οι αποικίες τους, οι αλλαγές στις χρήσεις γης, καθώς και η δηλητηρίαση από φυτοφάρμακα/εντομοκτόνα και το παράνομο κυνήγι αποτελούν απειλή για την επιβίωση του είδους».

Ομοίως, ο «Όρος Μαυροβούνι» (GR1420006), που διακρίνεται για το ποικιλόμορφο τοπίο του, περιλαμβάνοντας ένα βουνό, υγρότοπους με ταμιευτήρες, μια πηγή, καθώς και διάφορους τύπους οικοτόπων, έχει υποστεί σημαντική μείωση των αρπακτικών λόγω των δηλητηριασμένων δολωμάτων που στοχεύουν τα σαρκοφάγα και του παράνομου κυνηγιού. Στην περιοχή συναντώνται πολλά είδη ερπετών, αμφιβίων και θηλαστικών, πολλά από τα οποία είναι προστατευόμενα σε εθνικό, διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο (ΦΙΛΟΤΗΣ). Επίσης, η «Περιοχή ταμιευτήρων πρώην λίμνης Κάρλας» (GR1430007), κάποτε πλούσια σε υδρόβια πτηνά, αντιμετωπίζει προκλήσεις από την αλλαγή της στάθμης των υδάτων, απειλώντας τις τοποθεσίες φωλεοποίησης και τα υγρά λιβάδια.

Η τοποθεσία «Κάρλα – Μαυροβούνι - Κεφαλόβρυσο Βελεστίνου – Νεοχώρι» (GR1420004) περιλαμβάνει το όρος Μαυροβούνι, δύο ταμιευτήρες από την πρώην λίμνη Κάρλα και την πηγή Κεφαλόβρυσο στο Βελεστίνο. Η οικολογική σημασία της τοποθεσίας υπογραμμίζεται από το ποικιλόμορφο τοπίο της, καθώς φιλοξενεί μια αξιοσημείωτη σειρά από ερπετά, αμφίβια, θηλαστικά και ψάρια, πολλά από τα οποία προστατεύονται σε διάφορα επίπεδα. Τα καλά διατηρημένα φυλλοβόλα δάση και τα διάφορα είδη πουλιών, ιδιαίτερα τα αρπακτικά στο Μαυροβούνι, υπογραμμίζουν τη σημασία του (ΦΙΛΟΤΗΣ).

Η σημασία του Δήμου για τα είδη πτηνών συγκαταλέγεται στις Σημαντικές Περιοχές Προστασίας για τα Πουλιά της Ελλάδας (Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία), που περιλαμβάνουν τον «Θεσσαλικό Κάμπο» με κωδικό GR062, τους «Ταμιευτήρες τέως

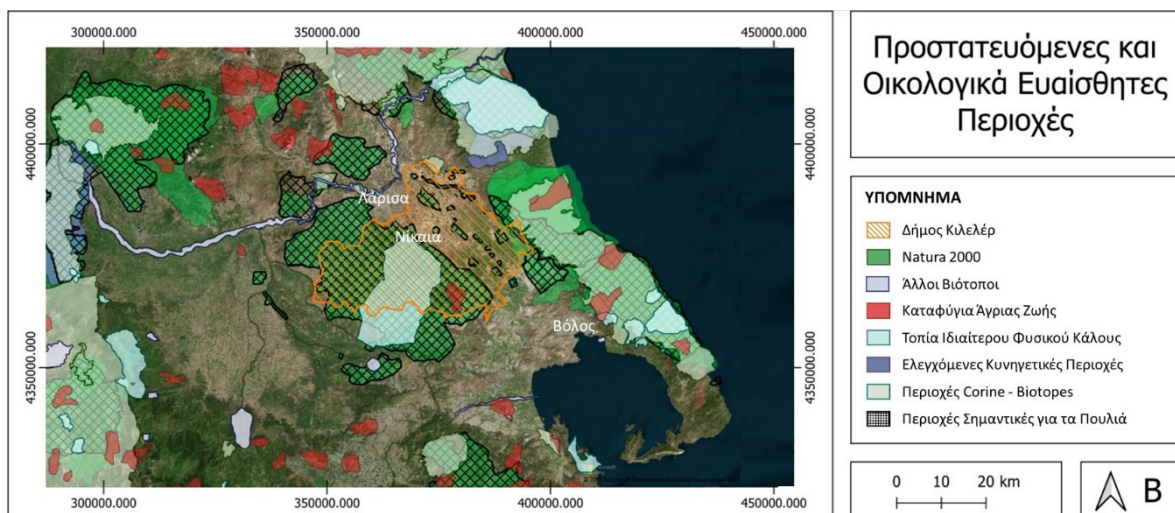


λίμνης Κάρλας» με κωδικό GR061 και το «Όρος Μαυροβούνι Λάρισας» με κωδικό GR060. Οι περιοχές αυτές, τα χαρακτηριστικά των οποίων περιγράφονται αναλυτικά στο Παράρτημα 2, 3 και 4, είναι ζωτικής σημασίας για την ορνιθοπανίδα.

Εντός του Δήμου υπάρχει και το Καταφύγιο Άγριας Ζωής (ΚΑΖ) «Μαυροβουνίου (Αγναντερής-Λάρισας)» ή αλλιώς «Καραντάου» με κωδικό Κ245, το οποίο φιλοξενεί ένα εύρος πανίδας, όπως την ορεινή πέρδικα, λαγούς, αλεπούδες, αγριόχοιρους κ.α. Τα Αισθητικά Δάση, αν και απουσιάζουν από την περιοχή, περιλαμβάνουν το κοντινό Δάσος Φαρσάλων και το Δασικό σύμπλεγμα Όσσας, σε απόσταση μόλις 10 και 12 km αντίστοιχα. Ακόμα, ο δήμος βρίσκεται εντός των ορίων ΤΙΦΚ (Τοπία Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους) και συγκεκριμένα της περιοχής «Η μεταξύ Λαρίσης και Φαρσάλων αγροτική περιοχή» με κωδικό ΑΤ3011122.

Με σχετικά μικρή επικάλυψη η περιοχή του Δήμου Κιλελέρ, εμπίπτει στις άκρες των περιοχών Corine - Biotopes «Ποταμός Ενιπέας Φαρσάλων» με κωδικό Α00020007, «Μαυροβούνι Λαρίσης» με κωδικό Α00010044 και «Ύψωμα Γεντίκι» με κωδικό Α00060019. Βρίσκεται εκτός των ορίων περιοχών Άλλων Βιοτόπων, περίπου 500 μέτρα από τον «Ποταμό Πηνειό Θεσσαλία» με κωδικό ΑΒ3090040 και 9.5 km από την «Περιοχή Φαρσάλων» με κωδικό ΑΒ3080136.

Όσον αφορά τις Ελεγχόμενες Κυνηγετικές Περιοχές (ΕΚΠ), ο δήμος βρίσκεται εκτός των ορίων τους. Στην ευρύτερη περιοχή απαντάται το «Δασικό σύμπλεγμα Όσσας» το οποίο χαρακτηρίζεται ως ΕΚΠ με κωδικό Χ2, μόλις 3 km μακριά. Συμπερασματικά, η περιοχή του Δήμου Κιλελέρ είναι ενσωματωμένη σε ένα πλούσιο μωσαϊκό προστατευόμενων ζωνών, καθεμία από τις οποίες συμβάλλει στην οικολογική ακεραιότητα της περιοχής και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας.

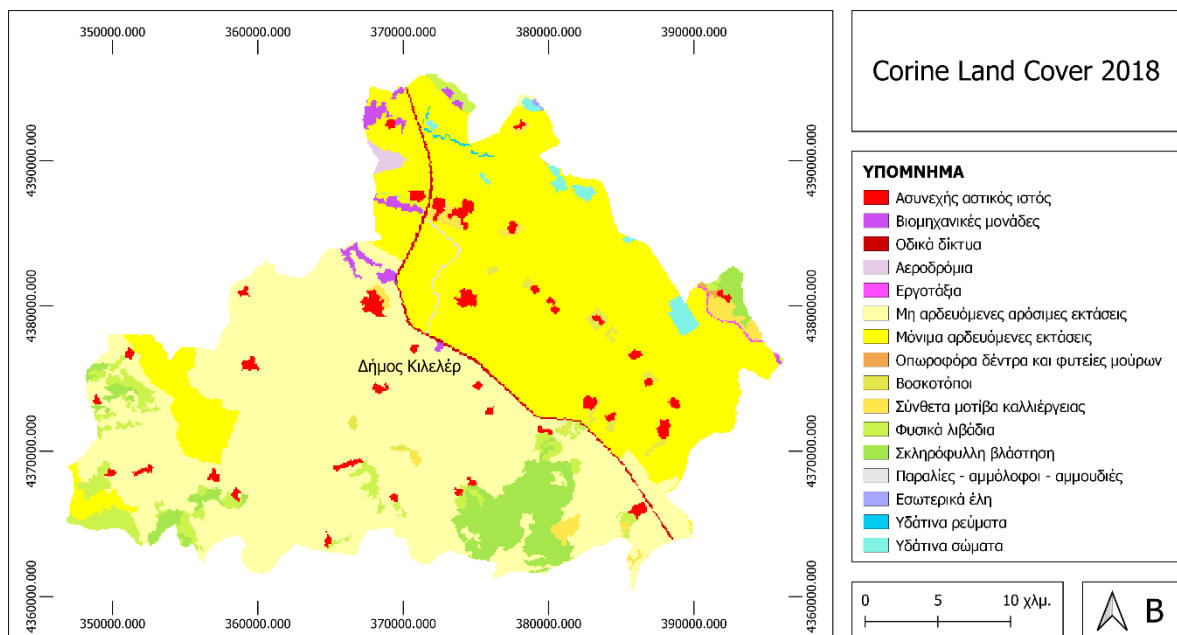


**Εικόνα 6.** Προστατευόμενες και οικολογικά ευαίσθητες περιοχές πλησίον και εντός του Δήμου Κιλελέρ.

### 3.3 Κατηγορίες κάλυψης γης

Για την περιγραφή των κατηγοριών κάλυψης γης εντός της καθορισμένης περιοχής μελέτης (Δήμο Κιλελέρ), αντλήθηκαν σχετικά δεδομένα από το Πρόγραμμα Corine Land Cover (2018). Μια οπτική αναπαράσταση της χρήσης γης και των αντίστοιχων κατηγοριών κάλυψης που επικρατούν στην περιοχή μελέτης μπορεί να παρατηρηθεί στην Εικόνα 7. Η απεικόνιση αυτή υπογραμμίζει την επικρατούσα παρουσία μη αρδευόμενης καλλιεργήσιμης γης και περιοχών που χαρακτηρίζονται από μόνιμη άρδευση. Επιπλέον, το τοπίο συμπληρώνουν η ύπαρξη σκληροφυλλικής βλάστησης, καθώς και ο ασυνεχής αστικός ιστός. Η περιοχή διχοτομείται από τον αυτοκινητόδρομο Πειραιώς-Αθηνών-Θεσσαλονίκης-Ευζώνων, ο οποίος αποτελεί κομβικό χωροταξικό όριο εντός της περιοχής.

Σε ποσοστό μικρότερης κάλυψης, παρατηρούνται βιομηχανικές και εμπορικές μονάδες, υδάτινα ρεύματα και υδάτινα σώματα, φυσικοί λειμώνες, σπυροφόρα δέντρα, βοσκότοποι, καθώς και κομμάτι του τέως Κρατικού Αερολιμένα Λάρισας «Θεσσαλία» (πλέον στρατιωτική βάση).



Εικόνα 7. Κατηγορίες κάλυψης γης στο Δ. Κιλελέρ (Corine Land Cover, 2018).

### 3.4 Υλικά και Μέθοδοι

Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην αξιολόγηση της επίδρασης των φωτοβολταϊκών πάρκων στον κατακερματισμό του τοπίου στην περιοχή του Δήμου Κιλελέρ, χρησιμοποιώντας μετρήσεις τοπίου. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα αυτή συλλέχθηκαν από διάφορους φορείς και ιστοσελίδες, συμπεριλαμβανομένης της Διεύθυνσης



Περιβάλλοντος της Περιφέρειας Θεσσαλίας στη Λάρισα, της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), το πρόγραμμα Copernicus και την ιστοσελίδα geodata.gov.gr.

Η έρευνα περιλαμβάνει την δημιουργία δύο σεναρίων, στο πρώτο σενάριο θα μελετηθεί ο κατακερματισμός που προκαλείται από τα υπάρχοντα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα, ενώ στο δεύτερο (υποθετικό σενάριο) θα μελετηθεί ο κατακερματισμός που προκαλείται από τα υπάρχοντα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα συν αυτών που έχουν πάρει βεβαίωση καταχώρησης πολύγωνου από την ΡΑΕ.

Αναλυτικότερα, η συλλογή δεδομένων περιελάμβανε τη συλλογή πληροφοριών από αξιόπιστες πηγές (Πίνακας 1). Οι τοποθεσίες, τα μεγέθη, η χωρητικότητα και οι ημερομηνίες εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πάρκων αποκτήθηκαν από αρμόδιους φορείς όπως η Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Περιφέρειας Θεσσαλίας και η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Από τον Γεωπληροφορικό Χάρτη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας συλλέχθηκαν σε μορφή shapefile τα πολύγωνα των φωτοβολταϊκών πάρκων με άδεια παραγωγής και ισχύ μεγαλύτερη από 1 MW, καθώς και αυτά που βρίσκονται σε διαδικασία αξιολόγησης. Τα δεδομένα από το Τμήμα Περιβάλλοντος της Περιφέρειας Θεσσαλίας ήταν περιορισμένα, καθώς εμπεριείχαν φωτοβολταϊκούς σταθμούς με ισχύ μικρότερη των 10 KW μέχρι και το έτος 2021.

**Πίνακας 1.** Το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα.

Δεδομένα	Τύπος	Πηγή
Corine Land Cover 2018	Raster (GeoTIFF)	land.copernicus.eu
Φ/Β Σταθμοί με Άδεια Παραγωγής (Ισχύς > 1MW)	Vector (Shapefile)	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)
Φ/Β Σταθμοί με Βεβαίωση Καταχώρισης Πολυγώνου	Vector (Shapefile)	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)
Φ/Β Σταθμοί με ισχύς έως 10KW	Vector (Shapefile)	Περιφέρεια Θεσσαλίας
Όρια Καλλικρατικών Δήμων	Vector (Shapefile)	geodata.gov.gr
Περιοχές δικτύου Natura 2000	Vector (Shapefile)	geodata.gov.gr

Έπειτα από την συλλογή των δεδομένων, για να διατηρηθεί η χωρική ακρίβεια και η συνέπεια μεταξύ των δεδομένων, έγινε η μετατροπή των προβολικών συστημάτων τους σε ένα κοινό προβολικό σύστημα, το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ 87 – GGRS87 / Greek Grid [EPSG:2100]), ώστε να μπορεί να γίνει η επεξεργασία και η ανάλυσή τους.

Η φάση επεξεργασίας των δεδομένων περιλαμβάνει διάφορα βασικά στάδια. Αρχικά, έγινε η περικοπή όλων των δεδομένων (Vector/Raster) στα όρια του Καλλικρατικού Δήμου Κιλελέρ. Αυτό το βήμα εξασφάλισε ότι η ανάλυση επικεντρώθηκε στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε γεωαναφορά στα δεδομένα των φωτοβολταϊκών σταθμών με ισχύ έως 10 KW με χάρτες αναφοράς Bing Aerial και Google Hybrid για να καταγραφεί ποιοι από τους σταθμούς εντός του Δήμου Κιλελέρ έχουν



κατασκευαστεί. Από την γεωαναφορά απομονώθηκαν και αποθηκευτήκαν σε ξεχωριστό shaperefile τα πολύγωνα των κατασκευασμένων φωτοβολταϊκών και στη συνέχεια ενοποιήθηκαν σε ένα κοινό shaperefile με τα πολύγωνα των φωτοβολταϊκών της ΡΑΕ. Με αυτήν την ενοποίηση κατέστη δυνατή η συνολική εικόνα της κατανομής των ήδη υπαρχόντων φωτοβολταϊκών σταθμών στη περιοχή του Κιλελέρ.

Για την διευκόλυνση της ανάλυσης, το shaperefile με το σύνολο των κατασκευασμένων φωτοβολταϊκών μετατράπηκε σε μορφή raster και ενσωματώθηκε με τα δεδομένα του Corine Land Cover 2018 με κωδικό 1.

Για το υποθετικό σενάριο, η προετοιμασία του shaperefile των φωτοβολταϊκών σταθμών με βεβαίωση κατοχύρωσης πολυγώνου επέστη την ίδια επεξεργασία και ενσωματώθηκε με το raster των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών του Δήμου Κιλελέρ.

Αυτά τα βήματα επεξεργασίας δεδομένων ήταν καθοριστικά για την προετοιμασία των συνόλων δεδομένων για την επακόλουθη ανάλυση και ερμηνεία. Το shaperefile με τις προστατευόμενες ζώνες της περιοχής θα χρησιμοποιηθεί ως επίπεδο αναφοράς πάνω στον χάρτη για την καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το πρόσθετο LecoS του QGIS που αναλύθηκε προηγούμενος στην ενότητα 2.3.5. Η επιλογή των μετρήσεων τοπίου εξαρτάται από τους στόχους της αξιολόγησης και τα χαρακτηριστικά του τοπίου. Για την συγκεκριμένη ανάλυση, από τις 20 μετρήσεις τοπίου που διαθέτει το πρόσθετο LecoS, επιλέχθηκαν οι 7 για την ποσοτική αξιολόγηση του κατακερματισμού του τοπίου.

Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν οι δείκτες:

1. Land Cover: Η έκταση γης είναι θεμελιώδους σημασίας για την αξιολόγηση του ποσοστού του τοπίου που έχει μετατραπεί σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών πάρκων. Παρέχει μια σαφή εικόνα της έκτασης της αλλαγής από φυσικές ή άλλες χρήσεις γης στην παραγωγή ηλιακής ενέργειας.
2. Landscape Proportion: Αυτή η μέτρηση βοηθά στην κατανόηση του ποσοστού του τοπίου που έχει αλλοιωθεί από τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Είναι ένας απλός τρόπος για να ποσοτικοποιηθεί η κλίμακα των επιπτώσεων.
3. Number of Patches: Τα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορούν να κατακερματίσουν το τοπίο σε πολλαπλές χωροψηφίδες, με τη δυνατότητα να διαταράξουν τα οικοσυστήματα και τους οικοτόπους. Η μέτρηση του αριθμού των χωροψηφίδων μπορεί να υποδεικνύει πόσος κατακερματισμός έχει προκληθεί.
4. Patch Density: Αυτή η μέτρηση παρέχει πληροφορίες σχετικά με το πόσο πυκνά είναι οι χωροψηφίδες μεταξύ τους. Μια υψηλότερη πυκνότητα υποδηλώνει ένα πιο κατακερματισμένο τοπίο.
5. Total Core Area: Μετρά το εσωτερικό μέρος της χωροψηφίδας, το οποίο επηρεάζεται λιγότερο από τα εφέ ακμών. Η αξιολόγηση αυτή μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό του βαθμού στον οποίο οι βασικοί οικοτόποι έχουν επηρεαστεί από τα φωτοβολταϊκά πάρκα.



6. Like Adjacencies: Μπορεί να αποκαλύψει πώς τα φωτοβολταϊκά πάρκα διασυνδέονται με τα υπάρχοντα φυσικά χαρακτηριστικά ή τις χρήσεις γης. Συμβάλλει στην αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο τα φωτοβολταϊκά πάρκα επηρεάζουν τη χωρική διάταξη παρόμοιων τύπων κάλυψης γης, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τις οικολογικές επιπτώσεις και τις εκτιμήσεις διατήρησης ειδικά για το τοπίο.
7. Effective Mesh Size: Μετρά τη συνδεσιμότητα των χωροψηφίδων. Οι μεγαλύτερες τιμές υποδεικνύουν καλύτερη συνδεσιμότητα τοπίου, η οποία μπορεί να είναι σημαντική για τη διατήρηση της μετακίνησης της άγριας ζωής και της ροής γονιδίων σε κατακερματισμένα τοπία.

Αυτές οι μετρήσεις τοπίου παρέχουν μια ολιστική άποψη του κατακερματισμού του τοπίου και των οικολογικών επιπτώσεων που προκαλείται από τα φωτοβολταϊκά πάρκα, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η αλλαγές της έκτασης, ο αριθμός και η κατανομή των χωροψηφίδων και η συνδεσιμότητα των υπόλοιπων φυσικών περιοχών ή χρήσεων γης. Μπορούν να βοηθήσουν τους περιβαλλοντολόγους και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τη χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων και τα μέτρα μετριασμού για την ελαχιστοποίηση της οικολογικής διαταραχής. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επιλογή των συγκεκριμένων μετρήσεων δεν είναι απόλυτη, καθώς διαφορετικά τοπία και στόχοι ενδέχεται να απαιτούν διαφορετικές μετρήσεις για μια ολοκληρωμένη ανάλυση.

Οι επιλεγμένες μετρήσεις τοπίου υπολογίστηκαν πάνω σε τρία αρχεία raster, συνδυάζοντας τις πληροφορίες του Corine Land Cover 2018 και τα δεδομένα από τα φωτοβολταϊκά πάρκα. Το πρώτο raster περιείχε μόνο τις χρήσεις γης του CLC 2018 χωρίς τα φωτοβολταϊκά, το δεύτερο raster τις χρήσεις γης του CLC 2018 σε συνδυασμό με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά της περιοχής και το τρίτο raster τις χρήσεις γης του CLC 2018 σε συνδυασμό με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά της περιοχής συν τα φωτοβολταϊκά με βεβαίωση κατοχύρωσης πολυγώνου τα οποία δεν έχουν πάρει ακόμη άδεια για εγκατάσταση.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των μετρήσεων τοπίου θα ερμηνευτούν για να μετρηθούν οι οικολογικές επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων στον κατακερματισμό του τοπίου στην περιοχή του Δήμου Κιλελέρ. Αυτές οι πληροφορίες θα συμβάλουν στην κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εγκαταστάσεων ηλιακής ενέργειας.

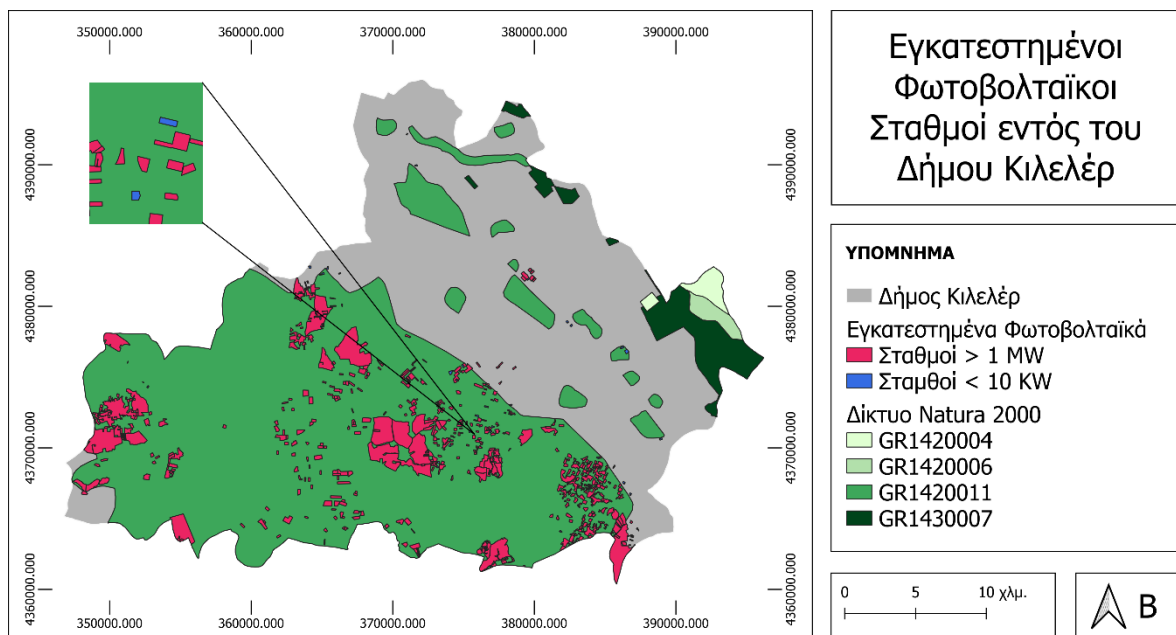
Συμπερασματικά, η μεθοδολογία αυτή περιγράφει την ολοκληρωμένη διαδικασία αξιολόγησης του κατακερματισμού του τοπίου που προκαλείται από φωτοβολταϊκά πάρκα στην περιοχή του Δήμου Κιλελέρ. Με την ενσωμάτωση των δεδομένων από πολλαπλές έγκυρες πηγές, τη μετατροπή, τη γεωαναφορά και τη διεξαγωγή ανάλυσης μετρήσεων τοπίου, η μελέτη αυτή προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνέπειες των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων στην περιοχή.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των δεδομένων στο περιβάλλον του QGIS, αναφορικά με τα δοθέντα αρχεία της Περιφέρειας Θεσσαλίας, διαπιστώθηκε ότι εντός του Δήμου Κιλελέρ υπάρχουν συνολικά 97 φωτοβολταϊκά πάρκα με ισχύ μικρότερη από 10 KW (έως το 2021). Από αυτά, τα 58 βρίσκονται εντός της περιοχής Natura 2000, ενώ, μετά από την γεωαναφορά των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι κατασκευασμένα είναι συνολικά μόνο τα 54, εκ των οποίων τα 37 είναι εντός της περιοχής Natura. Επιπλέον, από τα δεδομένα που πάρθηκαν από την Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), διαπιστώθηκε ότι στον Δήμο Κιλελέρ υπάρχουν συνολικά 170 φωτοβολταϊκοί σταθμοί με άδεια παραγωγής και ισχύς μεγαλύτερη από 1 MW, εκ των οποίων οι 165 βρίσκονται εντός της περιοχής Natura.

Κατά συνέπεια, συνολικά υπάρχουν 224 εγκατεστημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί εντός του Δήμου Κιλελέρ, με τα 202 από αυτά να βρίσκονται εντός της ζώνης Natura με κωδικό GR1420011 (Εικόνα 8). Η συνολική έκταση αυτών των φωτοβολταϊκών πάρκων ανέρχεται σε 48.580 τετραγωνικά μέτρα.

Το παραπάνω αποτελεί ιδιαίτερως ενδιαφέρουσα παρατήρηση, καθώς αποκαλύπτει ότι η συντριπτική πλειονότητα των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πάρκων βρίσκεται εντός της περιοχής Natura με κωδικό GR1420011, που αναφέρεται ως «Περιοχή Θεσσαλικού Κάμπου» με συνολική έκταση εντός του Δήμου Κιλελέρ 5.604286 km<sup>2</sup>. Αυτό το γεγονός με μια πρώτη ματιά, δείχνει να επιφέρει σημαντικό κατακερματισμό στο τοπίο και μπορεί να δημιουργήσει πιέσεις στα οικοσυστήματα και εμπόδια για τα πουλιά, όπως το ευρωπαϊκά προστατευόμενο είδος της περιοχής *Falco naumanni* (Κιρκινέζι), καθώς μπορεί να υπάρχουν συγκρούσεις με τα φωτοβολταϊκά πάνελ ή προβλήματα με τον φωτισμό που προκαλούν.



Εικόνα 8. Εγκατεστημένοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί στον Δήμο Κιλελέρ.



Η ανάλυση των φωτοβολταϊκών πάρκων στη περιοχή μελέτης (Δ. Κιλελέρ) πραγματοποιήθηκε για τρεις περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις τοπίου υπολογίστηκαν σε τρία raster με το πρόσθετο LecoS του QGIS. Στην πρώτη περίπτωση (Π1) αναλύθηκε η περιοχή του Δήμου Κιλελέρ χωρίς την παρουσία των φωτοβολταϊκών πάρκων, στην δεύτερη περίπτωση (Π2) αναλύθηκε η περιοχή του Δήμου Κιλελέρ με την παρουσία των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πάρκων, ενώ στην τρίτη περίπτωση (Π3) μελετήθηκε η περιοχή του Δήμου Κιλελέρ με την παρουσία των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πάρκων συν τα φωτοβολταϊκά με βεβαίωση κατοχύρωσης πολυγώνου από την ΡΑΕ, δηλαδή αυτά που δεν έχουν εγκριθεί ακόμα για εγκατάσταση και βρίσκονται σε εξέλιξη. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρατίθενται στο Παράρτημα 5.

### Περίπτωση 1

Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις τοπίου για τις καλύψεις γης του Δήμου Κιλελέρ χωρίς παρουσία φωτοβολταϊκών φαίνονται παρακάτω στον Πίνακα 2. Επιπλέον, στην Εικόνα 9 παρουσιάζονται οπτικά οι κατηγορίες κάλυψης γης της περιοχής μελέτης από το raster του CLC 2018.

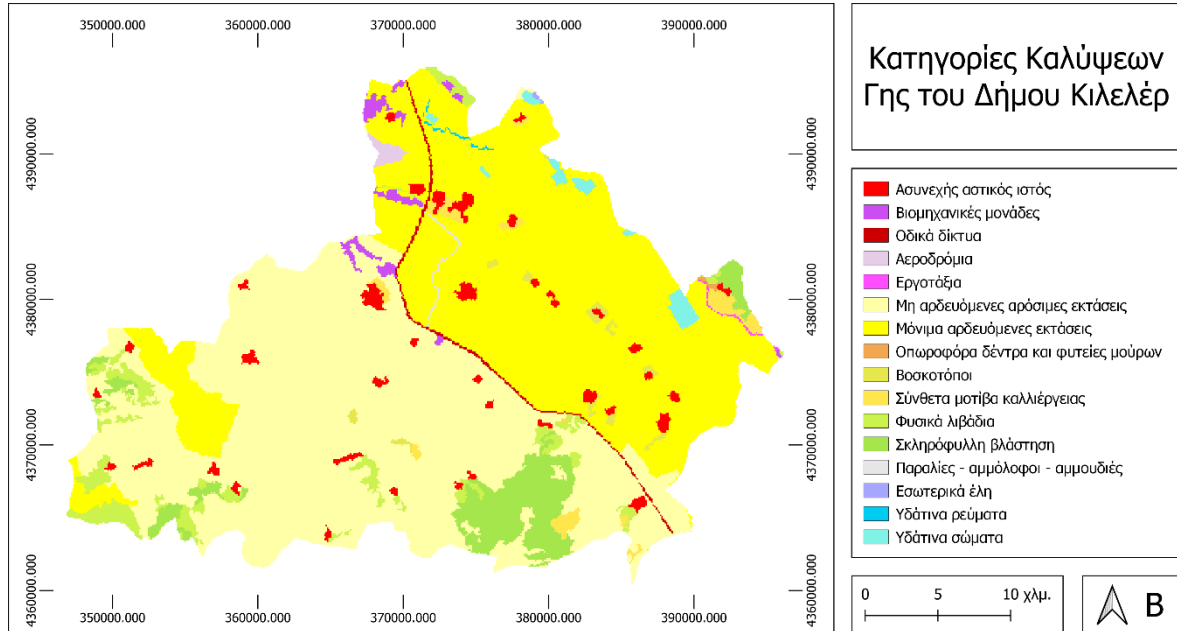
**Πίνακας 2. Αποτελέσματα μετρήσεων τοπίου για την πρώτη περίπτωση (Π1).**

K	Land Cover (m <sup>2</sup> )	Landscape Proportion	Number of Patches	Patch Density (no/100 m <sup>2</sup> )	Total Core Area (m <sup>2</sup> )	Like Adjacencies	Effective Meshsize (m <sup>2</sup> )
2	19490000	2,00%	38	3,89984E-08	6880000	67,19%	15910,81691
3	8110000	0,83%	11	1,1289E-08	2710000	66,36%	11356,01396
4	5570000	0,57%	9	9,23645E-09	0	33,49%	19226,90887
6	2770000	0,28%	1	1,02627E-09	1680000	80,46%	7874,486864
9	810000	0,08%	8	8,21018E-09	0	27,06%	114,634647
12	441870000	45,35%	14	1,43678E-08	390460000	94,05%	191243518,6
13	387630000	39,78%	7	7,18391E-09	344540000	94,42%	129388631,3
16	430000	0,04%	2	2,05255E-09	20000	48,28%	181,13711
18	5320000	0,55%	12	1,23153E-08	970000	58,92%	2953,817734
20	11410000	1,17%	11	1,1289E-08	5180000	71,90%	25655,68555
26	31560000	3,24%	39	4,00246E-08	12720000	68,70%	76947,24959
28	49860000	5,12%	10	1,02627E-08	35430000	84,96%	1502136,494
30	1220000	0,13%	3	3,07882E-09	0	28,76%	524,4252874
35	230000	0,02%	1	1,02627E-09	10000	41,54%	54,28981938
40	810000	0,08%	7	7,18391E-09	0	27,56%	194,8891626
41	7310000	0,75%	7	7,18391E-09	3870000	75,93%	14715,61987

Η κατηγορία 2, που αντιπροσωπεύει τον ασυνεχή αστικό ιστό, καλύπτει περίπου το 2,0% της περιοχής μελέτης. Παρουσιάζει μέτριο κατακερματισμό με συνολικά 38 χωροψηφίδες. Η πυκνότητα των χωροψηφίδων (Patch Density) είναι σχετικά χαμηλή στα 3,89984E-08, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι αστικές χωροψηφίδες δεν είναι τόσο πυκνά κατανομημένες. Ωστόσο, υπάρχει μια σημαντική συνολική περιοχή πυρήνα (Total Core Area), που αντιπροσωπεύει το 67,19% της συνολικής έκτασης της κλάσης. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι 15.910,82 τετ. μέτρα, υποδεικνύοντας κάποια κενά σε αυτόν τον τύπο κάλυψης γης.

Η κατηγορία 3, Βιομηχανικές ή Εμπορικές Μονάδες, αντιπροσωπεύει περίπου το 0,8% του συνολικού τοπίου. Παρουσιάζει χαμηλό κατακερματισμό με 11 χωροψηφίδες και πυκνότητα χωροψηφίδων 1,1289E-08. Η συνολική έκταση του πυρήνα είναι σημαντική,

αντιπροσωπεύοντας το 66,36% της έκτασης της τάξης. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι 11.356,01 τετ. μέτρα, υποδεικνύοντας σχετικά καλή συνδεσιμότητα.



**Εικόνα 9.** Κατηγορίες κάλυψης γης στον Δήμο Κιλελέρ.

Η κατηγορία 4, που αντιπροσωπεύει τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και τη συναφή γη, καλύπτει το 0,6% της περιοχής μελέτης. Έχει χαμηλό κατακερματισμό με 9 χωροψηφίδες και πυκνότητα χωροψηφίδων  $9.23645E-09$ . Είναι ενδιαφέρον ότι αυτή η κατηγορία στερείται μιας συνολικής βασικής περιοχής (Total Core Area), γεγονός που υποδηλώνει ότι τα οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα είναι πιο διάσπαρτα σε όλο το τοπίο ή οι ακμές της κατηγορίας βρίσκονται εντός της χωροψηφίδας. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι σχετικά υψηλός στα 19.226,91 τετ. μέτρα, υποδεικνύοντας πιθανά κενά μεταξύ των χαρακτηριστικών.

Η κατηγορία 6, η οποία αντιπροσωπεύει τους αερολιμένες, είναι σχετικά σπάνια στο τοπίο, καλύπτοντας μόνο το 0,3% της περιοχής μελέτης. Παρουσιάζει ελάχιστο κατακερματισμό με μία μόνο χωροψηφίδα και πολύ χαμηλή πυκνότητα χωροψηφίδας  $1,02627E-09$ . Ωστόσο, αυτή η κατηγορία έχει μια σημαντική συνολική βασική περιοχή (Total Core Area), αντιπροσωπεύοντας το 80,46% της έκτασής της. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι 7.874,49 τετ. μέτρα, υποδεικνύοντας σχετικά καλή συνδεσιμότητα.

Η κλάση 9, που αντιπροσωπεύει τα εργοτάξια, καλύπτει το 0,1% του τοπίου. Παρουσιάζει χαμηλό κατακερματισμό με 8 χωροψηφίδες και πυκνότητα  $8.21018E-09$ . Παρόμοια με την κλάση 4, στερείται συνολικής περιοχής πυρήνα (0%), γεγονός που υποδηλώνει μια διάσπαρτη κατανομή. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι 114,63 τετ. μέτρα, υποδεικνύοντας ορισμένες προκλήσεις συνδεσιμότητας.



Οι κατηγορίες 12 (Μη Αρδευόμενη Αρόσιμη Γη) και 13 (Μόνιμα Αρδευόμενη Γη) κυριαρχούν στην περιοχή μελέτης, καλύπτοντας συλλογικά το 85,1% του τοπίου. Αποτελούν την θεμελιώδη επιφάνεια του τοπίου (matrix). Η κλάση 12 παρουσιάζει μέτριο κατακερματισμό με 14 χωροψηφίδες, ενώ η κατηγορία 13 δείχνει χαμηλότερο κατακερματισμό.

Συνολικά, το τοπίο απουσία φωτοβολταϊκών αποτελεί ένα σχετικά ομοιόμορφο τοπίο χωρίς σημαντικό κατακερματισμό και σχετικά καλή σύνδεση μεταξύ των οικοτόπων.

## Περίπτωση 2

Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις τοπίου για τις καλύψεις γης του Δήμου Κιλελέρ με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα φαίνονται παρακάτω στον Πίνακα 3. Επιπλέον, στην Εικόνα 10 παρουσιάζονται οπτικά οι κατηγορίες κάλυψης γης της περιοχής μελέτης από το raster του CLC 2018 μαζί με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά.

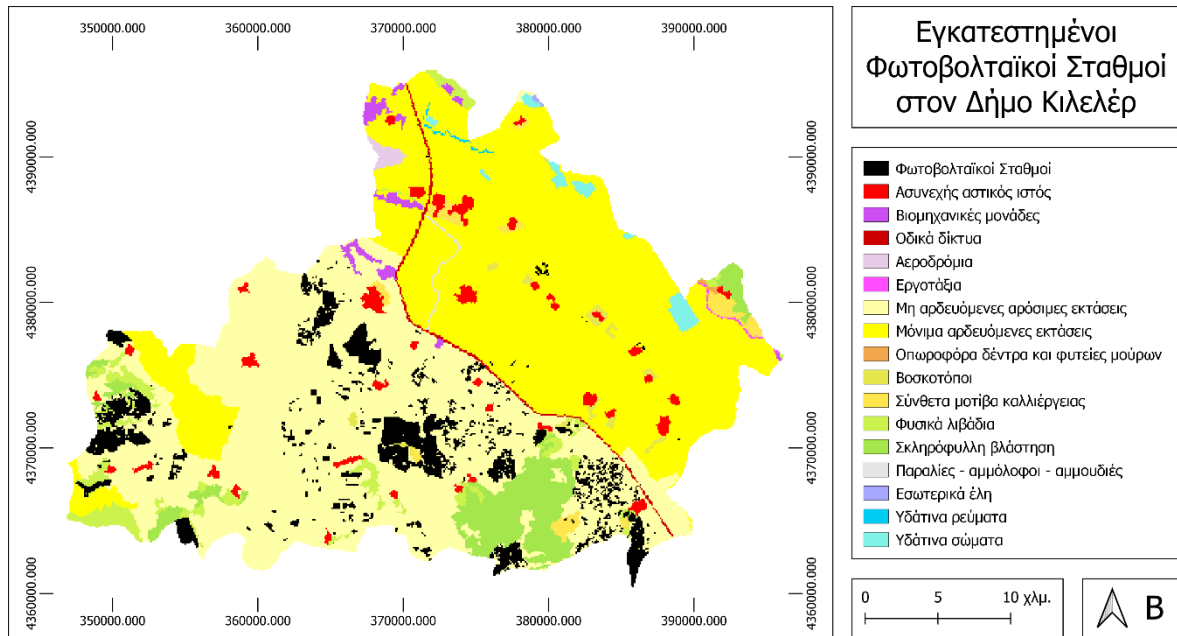
**Πίνακας 3. Αποτελέσματα μετρήσεων τοπίου για την δεύτερη περίπτωση (Π2).**

K	Land Cover (m <sup>2</sup> )	Landscape Proportion	Number of Patches	Patch Density (no/100 m <sup>2</sup> )	Total Core Area (m <sup>2</sup> )	Like Adjacencies	Effective Meshsize (m <sup>2</sup> )
1	66410000	6,81%	246	2,52401E-07	24060000	61,48%	350761,4093
2	19490000	2,00%	38	3,89888E-08	6880000	67,19%	15906,89896
3	8110000	0,83%	11	1,12862E-08	2710000	66,36%	11353,2176
4	5550000	0,57%	9	9,23418E-09	0	33,33%	19046,10933
6	2770000	0,28%	1	1,02602E-09	1680000	80,46%	7872,547813
9	810000	0,08%	8	8,20816E-09	0	27,06%	114,6064188
12	382610000	39,26%	96	9,84979E-08	288790000	87,55%	143617987,7
13	386830000	39,69%	7	7,18214E-09	342010000	94,21%	128872595,3
16	430000	0,04%	2	2,05204E-09	20000	48,28%	181,092506
18	5110000	0,52%	12	1,23122E-08	890000	57,72%	2775,486333
20	10890000	1,12%	10	1,02602E-08	4910000	72,38%	25123,22499
26	26860000	2,76%	56	5,74571E-08	9890000	64,89%	59394,64828
28	49200000	5,05%	9	9,23418E-09	35180000	85,15%	1496558,935
30	1220000	0,13%	3	3,07806E-09	0	28,76%	524,2961504
35	230000	0,02%	1	1,02602E-09	10000	41,54%	54,27645079
40	810000	0,08%	7	7,18214E-09	0	27,56%	194,8411721
41	7310000	0,75%	7	7,18214E-09	3870000	75,93%	14711,99622

Η κατηγορία 1, που αναφέρεται στα εγκατεστημένα Φωτοβολταϊκά Πάρκα, καλύπτει ένα σχετικά σημαντικό μέρος της περιοχής μελέτης, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 6,8% του συνολικού τοπίου. Χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό χωροψηφίδων (246), γεγονός που δηλώνει ότι τα φωτοβολταϊκά πάρκα είναι κατανεμημένα σε όλο το τοπίο και προκαλούν αξιοσημείωτο κατακερματισμό. Η πυκνότητα των χωροψηφίδων είναι επίσης ιδιαίτερα υψηλή στο 2,52401E-07, γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτά τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα είναι σχετικά πυκνά κατανεμημένα.

Είναι ενδιαφέρον ότι η κατηγορία 1 παρουσιάζει μια σημαντική συνολική περιοχή πυρήνα (Total Core Area), που περιλαμβάνει περίπου το 61,48% της συνολικής έκτασης της κατηγορίας. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια σημαντική διασυνδεδεμένη περιοχή εντός των φωτοβολταϊκών πάρκων, διευκολύνοντας ενδεχομένως τη μετακίνηση της άγριας ζωής ή παρέχοντας πιο σταθερούς οικοτόπους.

Αντίθετα, το τοπίο εμφανίζει επίσης ένα σχετικά υψηλό επίπεδο Like Adjacencies (0,6148), υποδεικνύοντας μια τάση για παρόμοια κάλυψη γης να γειτνιάζει με φωτοβολταϊκά πάρκα. Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στη συνδεσιμότητα των οικοτόπων και στις οικολογικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών των περιοχών.



**Εικόνα 10.** Κατηγορίες κάλυψης γης και εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα στον Δήμο Κιλελέρ.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο δείκτης Effective Meshsize για την κατηγορία 1, καθώς το νούμερο είναι ιδιαίτερα μεγάλο στα 350.761,41 τετ. μέτρα, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα φωτοβολταϊκά πάρκα μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα κατακερματισμένα και θα μπορούσαν να συμβάλουν στη διατήρηση της συνδεσιμότητας εντός του τοπίου. Ωστόσο, είναι σημαντικό να εξεταστεί ο συγκεκριμένος σχεδιασμός και η διάταξη αυτών των πάρκων για να εκτιμηθούν συνολικά οι οικολογικές επιπτώσεις τους.

Συνοπτικά, η κατηγορία 1, που αντιπροσωπεύει τα φωτοβολταϊκά πάρκα, καταλαμβάνει σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης με σχετικά μεγάλο αριθμό χωροψηφίδων αλλά και σημαντικές περιοχές πυρήνα και αποτελεσματικό πλέγμα. Οι σχετικά υψηλές γειτνιάζουσες περιοχές υποδηλώνουν πιθανές αλληλεπιδράσεις με γειτονικούς τύπους κάλυψης γης, καθιστώντας σημαντική την περαιτέρω διερεύνηση των οικολογικών επιπτώσεών τους εντός της προστατευόμενης περιοχής Natura 2000.

### **Σύγκριση Περιπτώσεων 1 και 2**

Και στις δύο περιπτώσεις, Π1 (Περιοχή Κιλελέρ χωρίς φωτοβολταϊκά πάρκα) και Π2 (Περιοχή Κιλελέρ με κατασκευασμένα φωτοβολταϊκά πάρκα), έχει υπολογιστεί μια σειρά μετρήσεων τοπίου για την αξιολόγηση του κατακερματισμού και των πιθανών επιπτώσεών



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



στα οικοσυστήματα στην περιοχή του Δήμου Κιλελέρ που το μεγαλύτερο μέρος της προστατεύεται από το δίκτυο Natura 2000. Αυτές οι μετρήσεις παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για το πώς η εισαγωγή των φωτοβολταϊκών πάρκων έχει επηρεάσει το τοπίο και τις διάφορες κατηγορίες κάλυψης γης. Στον Πίνακα 4 φαίνονται τα αποτελέσματα από την Περίπτωση 1 και 2.

**Πίνακας 4. Σύγκριση των αποτελεσμάτων της πρώτης και της δεύτερης περίπτωσης (Π1 και Π2).**

K	Land Cover (m <sup>2</sup> )		Landscape Proportion		Number of Patches		Patch Density (no/100 m <sup>2</sup> )		Total Core Area (m <sup>2</sup> )		Like Adjacencies		Effective Meshsize (m <sup>2</sup> )	
	Π1	Π2	Π1	Π2	Π1	Π2	Π1	Π2	Π1	Π2	Π1	Π2	Π1	Π2
1	0	66410000	0	6,81%	0	246	0	2,52401E-07	0	24060000	0	61,48%	0	350761,4093
2	19490000	19490000	2,00%	2,00%	38	38	3,89884E-08	3,89888E-08	6880000	6880000	67,19%	67,19%	15910,81691	15906,89896
3	8110000	8110000	0,83%	0,83%	11	11	1,1289E-08	1,12862E-08	2710000	2710000	66,36%	66,36%	11356,01396	11353,2176
4	5570000	5550000	0,57%	0,57%	9	9	9,23645E-09	9,23418E-09	0	0	33,49%	33,33%	19226,90887	19046,10933
6	2770000	2770000	0,28%	0,28%	1	1	1,02627E-09	1,02602E-09	1680000	1680000	80,46%	80,46%	7874,486864	7872,547813
9	810000	810000	0,08%	0,08%	8	8	8,21018E-09	8,20816E-09	0	0	27,06%	27,06%	114,634647	114,6064188
12	441870000	382610000	45,35%	39,26%	14	96	1,43678E-08	9,84979E-08	390460000	288790000	94,05%	87,55%	191243518,6	143617987,7
13	387630000	386830000	39,78%	39,69%	7	7	7,18391E-09	7,18214E-09	344540000	342010000	94,42%	94,21%	129388631,3	128872595,3
16	430000	430000	0,04%	0,04%	2	2	2,05255E-09	2,05204E-09	20000	20000	48,28%	48,28%	181,13711	181,092506
18	5320000	5110000	0,55%	0,52%	12	12	1,23153E-08	1,23122E-08	970000	890000	58,92%	57,72%	2953,817734	2775,486333
20	11410000	10890000	1,17%	1,12%	11	10	1,1289E-08	1,02602E-08	5180000	4910000	71,90%	72,38%	25655,68555	25123,22499
26	31560000	26860000	3,24%	2,76%	39	56	4,00246E-08	5,74571E-08	12720000	9890000	68,70%	64,89%	76947,24959	59394,64828
28	49860000	49200000	5,12%	5,05%	10	9	1,02627E-08	9,23418E-09	35430000	35180000	84,96%	85,15%	1502136,494	1496558,935
30	1220000	1220000	0,13%	0,13%	3	3	3,07882E-09	3,07806E-09	0	0	28,76%	28,76%	524,4252874	524,2961504
35	230000	230000	0,02%	0,02%	1	1	1,02627E-09	1,02602E-09	10000	10000	41,54%	41,54%	54,28981938	54,27645079
40	810000	810000	0,08%	0,08%	7	7	7,18391E-09	7,18214E-09	0	0	27,56%	27,56%	194,8891626	194,8411721
41	7310000	7310000	0,75%	0,75%	7	7	7,18391E-09	7,18214E-09	3870000	3870000	75,93%	75,93%	14715,61987	14711,99622

Η κατηγορία 1, που αντιπροσωπεύεται από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα, παρουσιάζει την πιο σημαντική αλλαγή. Στην Π2, τα φωτοβολταϊκά πάρκα καλύπτουν περίπου 66.410.000 τετ. μέτρα, εισάγοντας έναν νέο τύπο κάλυψης γης και οδηγώντας σε κατακερματισμό του τοπίου. Αυτό μπορεί δυνητικά να διαταράξει τους φυσικούς οικοτόπους και να επηρεάσει τα τοπικά οικοσυστήματα, ιδίως εάν αυτά τα αγροκτήματα αντικαταστήσουν κρίσιμα ενδιαίτηματα για αυτόχθονα είδη.

Για άλλες κατηγορίες κάλυψης γης, ο αντίκτυπος ποικίλλει. Ορισμένες, όπως η κατηγορία 2 (ασυνεχής αστικός ιστός), η κατηγορία 3 (βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες) και η κατηγορία 4 (οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα), παραμένουν σχετικά σταθερές όσον αφορά τις αναλογίες, τους αριθμούς των χωροψηφίδων και την πυκνότητα των χωροψηφίδων μεταξύ Π1 και Π2. Αυτό υποδηλώνει ότι η παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων δεν έχει μεταβάλει σημαντικά αυτούς τους τύπους αστικής και συγκοινωνιακής κάλυψης γης.

Ωστόσο, αρκετές κατηγορίες έχουν βιώσει αξιοσημείωτες αλλαγές. Η κατηγορία 12 (μη αρδευόμενη αρόσιμη γη), για παράδειγμα, έχει δει μείωση των βασικών εκτάσεων στην Περίπτωση 2, υποδεικνύοντας ότι τα φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν κατακερματίσει αυτόν τον τύπο γης, γεγονός που μπορεί να έχει επιπτώσεις στη γεωργία και την άγρια ζωή. Η κατηγορία 26 (φυσικοί λειμώνες) παρουσιάζει επίσης αυξημένο κατακερματισμό, μειώνοντας τις βασικές περιοχές που είναι σημαντικές για τα οικοσυστήματα των αυτοχθόνων λειμώνων.

Από την άλλη, ορισμένες κατηγορίες όπως η κατηγορία 28 (σκληρόφυλλη βλάστηση), η κατηγορία 30 (παραλίες - αμμόλοφοι - άμμοι), η κατηγορία 35 (εσωτερικά έλη), η



κατηγορία 40 (υδάτινα ρεύματα) και η κατηγορία 41 (υδάτινα σώματα) παρουσιάζουν σχετικά ελάχιστες επιπτώσεις από την παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων, με αναλογίες, αριθμό χωροψηφίδων και πυκνότητα χωροψηφίδων να παραμένουν σταθερά.

Επιπλέον, υπάρχει σταθερή μείωση του δείκτη Effective Meshsize στην Περίπτωση 2 σε σύγκριση με τη Περίπτωση 1, υποδεικνύοντας μειωμένη συνδεσιμότητα τοπίου. Αυτή η μείωση μπορεί δυνητικά να διαταράξει τη μετακίνηση της άγριας ζωής και τη ροή γονιδίων, υπογραμμίζοντας τη σημασία του σχεδιασμού διατήρησης και των βιώσιμων πρακτικών χρήσης γης για τον μετριασμό των επιπτώσεων του κατακερματισμού του τοπίου στο δίκτυο Natura 2000 στην περιοχή του Δήμου Κιλελέρ.

Συμπερασματικά, η εισαγωγή φωτοβολταϊκών πάρκων (κατηγορία 1) στο σενάριο P2 έχει οδηγήσει σε αυξημένο κατακερματισμό του τοπίου, όπως αποδεικνύεται από υψηλότερους αριθμούς χωροψηφίδων και μειωμένες περιοχές πυρήνα. Αυτός ο κατακερματισμός μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία των οικοσυστημάτων απομονώνοντας τα ενδιαίτημα, μειώνοντας τη βιοποικιλότητα και ενδεχομένως διαταράσσοντας την κίνηση της άγριας ζωής και τη ροή γονιδίων.

Ενώ ο αντίκτυπος ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης, τα φωτοβολταϊκά πάρκα γενικά δεν έχουν αλλάξει δραστικά τη δομή του τοπίου για τα περισσότερα από αυτά. Ωστόσο, ορισμένες κατηγορίες, όπως η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη, οι φυσικοί λειμώνες και οι βοσκότοποι, έχουν υποστεί πιο αισθητές αλλαγές, οι οποίες ενδέχεται να απαιτούν προσπάθειες διατήρησης για τον μετριασμό των επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα και τις λειτουργίες του οικοσυστήματος.

Η συνεχής μείωση του δείκτη Effective Meshsize μεταξύ των κατηγοριών υποδηλώνει μείωση της συνδεσιμότητας του τοπίου, η οποία μπορεί να επιδεινώσει περαιτέρω τις προκλήσεις που θέτει ο κατακερματισμός του τοπίου.

Υπό το πρίσμα αυτών των ευρημάτων, ο σχεδιασμός διατήρησης και οι βιώσιμες πρακτικές χρήσης γης είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων και τη διατήρηση της υγείας των οικοσυστημάτων στο δίκτυο Natura 2000 στον Δήμο Κιλελέρ της Θεσσαλίας. Αυτές οι προσπάθειες θα πρέπει να στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση του περαιτέρω κατακερματισμού, στη διατήρηση των βασικών περιοχών οικοτόπων και στην υποστήριξη της μετακίνησης της άγριας πανίδας για να διασφαλιστεί η συνεχής προστασία αυτής της σημαντικής οικολογικής περιοχής.

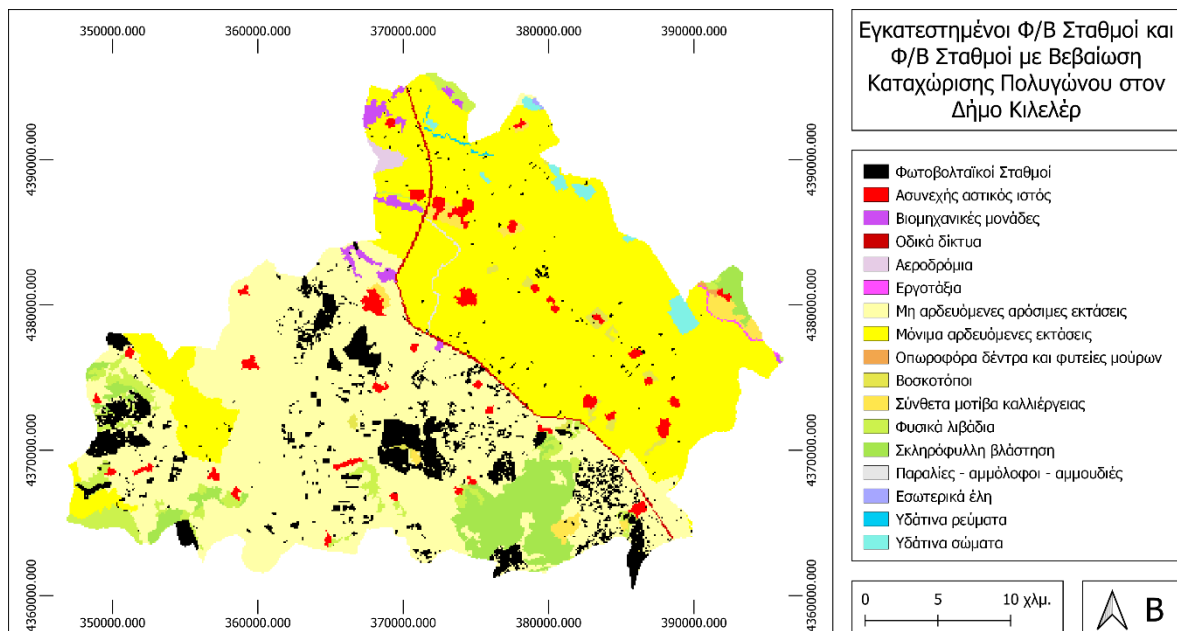
### **Περίπτωση 3**

Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις τοπίου για τις καλύψεις γης του Δήμου Κιλελέρ με την παρουσία των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πάρκων και των φωτοβολταϊκών πάρκων με βεβαίωση κατοχύρωσης πολύγωνα φαίνονται παρακάτω στον Πίνακα 5. Επιπλέον, στην Εικόνα 11 παρουσιάζονται οπτικά οι κατηγορίες κάλυψης γης της περιοχής μελέτης από το raster του CLC 2018 με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά και τα φωτοβολταϊκά πάρκα με βεβαίωση κατοχύρωσης πολύγωνα.

**Πίνακας 5. Αποτελέσματα μετρήσεων τοπίου για την τρίτη περίπτωση (Π3).**

K	Land Cover (m <sup>2</sup> )	Landscape Proportion	Number of Patches	Patch Density (no/100 m <sup>2</sup> )	Total Core Area (m <sup>2</sup> )	Like Adjacencies	Effective Meshsize (m <sup>2</sup> )
1	71950000	7,38%	456	4,67855E-07	24800000	57,42%	363506,1457
2	19450000	2,00%	38	3,8988E-08	6860000	67,10%	15870,66259
3	7940000	0,81%	12	1,2312E-08	2570000	65,33%	10760,26512
4	5500000	0,56%	11	1,1286E-08	0	33,01%	9615,660846
6	2770000	0,28%	1	1,026E-09	1680000	80,46%	7872,386268
9	810000	0,08%	8	8,20799E-09	0	27,06%	114,6040671
12	379610000	38,95%	97	9,95219E-08	278620000	86,77%	141503381,8
13	384660000	39,47%	7	7,18199E-09	330690000	93,39%	127471977,1
16	430000	0,04%	2	2,052E-09	20000	48,28%	181,0887899
18	5100000	0,52%	12	1,2312E-08	830000	57,41%	2754,396405
20	10880000	1,12%	10	1,026E-08	4850000	72,22%	25077,66811
26	26800000	2,75%	56	5,74559E-08	9810000	64,77%	58880,2249
28	49200000	5,05%	9	9,23399E-09	35180000	85,15%	1496528,225
30	1210000	0,12%	3	3,078E-09	0	28,38%	516,385201
35	230000	0,02%	1	1,026E-09	10000	41,54%	54,27533704
40	810000	0,08%	7	7,18199E-09	0	27,56%	194,837174
41	7310000	0,75%	7	7,18199E-09	3870000	75,93%	14711,69433

Η κατηγορία 1 αντιπροσωπεύει πλέον τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα συν αυτά με βεβαίωση κατοχύρωσης πολυγώνου και σε αυτό το σενάριο καταλαμβάνουν το 7,4% του τοπίου. Αυτή η κατηγορία χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό αριθμό χωροψηφίδων (456) και χαμηλή πυκνότητα χωροψηφίδων (4,67855E-07), γεγονός που υποδηλώνει ότι αυτά τα πάρκα είναι κατακερματισμένα σε όλο το τοπίο. Η συνολική περιοχή πυρήνα, η οποία αποτελεί μέτρο συνδεδεμένου οικοτόπου εντός αυτής της κατηγορίας, είναι 24.800.000 τετ. μέτρα.



**Εικόνα 11. Κατηγορίες κάλυψης γης και εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά πάρκα στον Δήμο Κιλελέρ συν Φ/Β σταθμοί με βεβαίωση κατοχύρωσης πολυγώνου από την ΡΑΕ.**



Ο δείκτης Like Adjacencies στο 57,4% δείχνει ότι ένα σημαντικό μέρος αυτών των φωτοβολταϊκών πάρκων είναι δίπλα το ένα στο άλλο ή συνδεδεμένο. Ωστόσο, ο δείκτης Effective Meshsize, ο οποίος μετρά τη συνδεσιμότητα τοπίου, είναι 363.506.1457 τετ. μέτρα. Αυτό δείχνει ότι ενώ μπορεί να υπάρχει γειτνίαση εντός της κατηγορίας, η συνολική συνδεσιμότητα τοπίου θα μπορούσε να είναι περιορισμένη.

Η πιθανή έγκριση και εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάρκων υπό αξιολόγηση στην περιοχή Κιλελέρ θα μπορούσε να αυξήσει περαιτέρω τον κατακερματισμό αυτής της κατηγορίας κάλυψης γης, επηρεάζοντας ενδεχομένως τη συνδεσιμότητα των οικοτόπων εντός αυτών των πάρκων. Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και τα οικοσυστήματα θα εξαρτηθούν από το μέγεθος, την κατανομή και το σχεδιασμό των πρόσφατα εγκεκριμένων πάρκων.

Η κατηγορία 2 αντιπροσωπεύει τον ασυνεχή αστικό ιστό, καταλαμβάνοντας το 2,0% του τοπίου. Έχει 38 χωροψηφίδες με πυκνότητα 3.8988E-08. Η συνολική έκταση του πυρήνα είναι 6.860.000 τετ. μέτρα και ο δείκτης Like Adjacencies είναι σχετικά υψηλός στο 67,1%. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι 15.870.66259 τετ. μέτρα.

Η παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων υπό αξιολόγηση έχει ελάχιστο αντίκτυπο σε αυτή την κατηγορία κάλυψης γης (ασυνεχή αστικό ιστό), όπως υποδεικνύεται από τις μετρήσεις τοπίου. Ο αντίκτυπος στον αστικό ιστό είναι πιθανό να είναι περιορισμένος.

Η κατηγορία 3 αντιπροσωπεύει βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες, καταλαμβάνοντας το 0,8% του τοπίου. Αποτελείται από 12 χωροψηφίδες με πυκνότητα 1.2312E-08. Η συνολική έκταση του πυρήνα είναι 2.570.000 τετ. μέτρα και ο δείκτης Like Adjacencies δείχνει ότι ένα σημαντικό μέρος αυτών των μονάδων είναι παρακείμενο ή συνδεδεμένο. Ο δείκτης Effective Meshsize είναι 10.760.26512 τετ. μέτρα.

Η παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων υπό αξιολόγηση ενδέχεται να έχει κάποιο αντίκτυπο σε αυτήν την κατηγορία κάλυψης γης (βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες), επηρεάζοντας ενδεχομένως τη συνδεσιμότητα και τη διανομή αυτών των βιομηχανικών ή εμπορικών μονάδων.

### **Σύγκριση των τριών περιπτώσεων**

Στην πρώτη περίπτωση, η απουσία φωτοβολταϊκών πάρκων έχει ως αποτέλεσμα σχετικά σταθερά επίπεδα κατακερματισμού για τις περισσότερες κατηγορίες κάλυψης γης. Οι αστικές, βιομηχανικές και συγκοινωνιακές περιοχές παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστες. Η μη αρδευόμενη αρόσιμη γη (κατηγορία 12) παρουσιάζει κάποιο κατακερματισμό, επηρεάζοντας ενδεχομένως τη γεωργία στην περιοχή. Οι φυσικοί λειμώνες (κατηγορία 26) παρουσιάζουν αυξημένο κατακερματισμό, επηρεάζοντας τα οικοσυστήματα των αυτοχθόνων λειμώνων. Το αποτελεσματικό μέγεθος πλέγματος υποδηλώνει λογική συνδεσιμότητα τοπίου, η οποία είναι σημαντική για την κίνηση της άγριας ζωής και τη ροή γονιδίων.



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



Η εισαγωγή φωτοβολταϊκών πάρκων (Κατηγορία 1), στη δεύτερη περίπτωση, οδηγεί σε σημαντικό κατακερματισμό του τοπίου, με υψηλό αριθμό χωροψηφίδων και μειωμένες περιοχές πυρήνα. Αυτός ο κατακερματισμός μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη βιοποικιλότητα, τη συνδεσιμότητα των οικοτόπων και την υγεία των οικοσυστημάτων. Οι αστικές, βιομηχανικές και συγκοινωνιακές περιοχές παραμένουν σχετικά σταθερές, υποδεικνύοντας ότι η παρουσία φωτοβολταϊκών πάρκων δεν έχει μεταβάλει σημαντικά αυτές τις κατηγορίες κάλυψης γης. Οι μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις (κατηγορία 12) και οι φυσικοί λειμώνες (κατηγορία 26) αντιμετωπίζουν αξιοσημείωτο κατακερματισμό, επηρεάζοντας δυνητικά τα οικοσυστήματα της γεωργίας και των χορτολιβαδικών εκτάσεων. Η μείωση του αποτελεσματικού μεγέθους πλέγματος υποδηλώνει μειωμένη συνδεσιμότητα τοπίου, η οποία μπορεί να διαταράξει την κίνηση της άγριας ζωής και τη ροή γονιδίων.

Επιπλέον, στην τρίτη περίπτωση, η παρουσία τόσο των κατασκευασμένων όσο και των υπό-αξιολόγηση φωτοβολταϊκών πάρκων αυξάνει περαιτέρω τον κατακερματισμό (κατηγορία 1). Παρότι ορισμένα πάρκα είναι γειτονικά, η συνολική συνδεσιμότητα τοπίου παραμένει περιορισμένη. Αν και δεν επηρεάζονται δραστικά, οι αστικές (κατηγορία 2) και βιομηχανικές (κατηγορία 3) περιοχές αντιμετωπίζουν ορισμένες επιπτώσεις, επηρεάζοντας ενδεχομένως τη συνδεσιμότητα και τη διανομή αυτών των μονάδων.

Συνοπτικά, αυτή η συγκριτική ανάλυση των τριών περιπτώσεων δείχνει ότι η εισαγωγή και επέκταση φωτοβολταϊκών πάρκων, ειδικά όταν συνδυάζεται με την πιθανή έγκριση επιπλέον πάρκων, έχουν τα ακόλουθα βασικά ζητήματα και προβλήματα:

Το σημαντικότερο πρόβλημα είναι ο κατακερματισμός του τοπίου, ιδιαίτερα σε περιοχές με φωτοβολταϊκά πάρκα. Αυτό μπορεί να απομονώσει τα ενδιαίτηματα, να μειώσει τη βιοποικιλότητα και να διαταράξει την κίνηση της άγριας ζωής. Οι κατηγορίες μη αρδευόμενης αρόσιμης γης και φυσικών λειμώνων παρουσιάζουν αξιοσημείωτο κατακερματισμό, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει τη γεωργία και τα οικοσυστήματα των αυτοχθόνων λειμώνων. Η μείωση της συνδεσιμότητας του τοπίου έχει τη δυνατότητα να εμποδίσει τη μετακίνηση της άγριας ζωής και τη ροή γονιδίων, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση υγιών οικοσυστημάτων. Οι προσπάθειες διατήρησης και οι βιώσιμες πρακτικές χρήσης γης είναι απαραίτητες για τον μετριασμό των οικολογικών επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων στο δίκτυο Natura 2000 εντός του Δήμου Κιλελέρ. Οι προσπάθειες αυτές θα πρέπει να αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση του περαιτέρω κατακερματισμού, στη διατήρηση κρίσιμων περιοχών οικοτόπων και στην υποστήριξη των μετακινήσεων άγριας πανίδας.



## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκαλύπτουν αρκετά σημαντικά ευρήματα σχετικά με τις επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων στα οικοσυστήματα του Δήμου Κιλελέρ, ιδιαίτερα εντός της προστατευόμενης περιοχής Natura 2000. Η παρουσία μεγάλου αριθμού φωτοβολταϊκών πάρκων, ιδίως εντός αυτής της προστατευόμενης ζώνης, εγείρει ανησυχίες σχετικά με τον κατακερματισμό του τοπίου και τις πιθανές συνέπειές του για τα τοπικά οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα.

Η ανάλυση καταδεικνύει ότι η πλειονότητα των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών πάρκων είναι συγκεντρωμένη εντός της περιοχής Natura 2000. Αυτή η συγκέντρωση τεχνικών υποδομών μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικό κατακερματισμό του τοπίου, θέτοντας προκλήσεις για διάφορα είδη άγριας πανίδας, συμπεριλαμβανομένων των ευρωπαϊκών προστατευόμενων ειδών, όπως είναι το Κιρκινέζι (*Falco naumanni*). Οι πιθανές συγκρούσεις μεταξύ αυτών των ειδών και των ηλιακών συλλεκτών, καθώς και τα ζητήματα που σχετίζονται με το μικροκλίμα, πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά στις προσπάθειες διατήρησης.

Επιπλέον, η σύγκριση μεταξύ διαφορετικών περιπτώσεων (περιπτώσεις 1, 2 και 3) αναδεικνύει τον αντίκτυπο των εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών πάρκων στον κατακερματισμό του τοπίου. Η εισαγωγή φωτοβολταϊκών πάρκων, ιδίως στην περίπτωση 2 και 3 έχει ως αποτέλεσμα αυξημένο κατακερματισμό, ο οποίος μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στη συνδεσιμότητα των οικοτόπων και στην υγεία των οικοσυστημάτων.

Για την αντιμετώπιση αυτών των ευρημάτων και την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και διαχείρισης των φωτοβολταϊκών πάρκων στον Δήμο Κιλελέρ και κατ' επέκταση στον θεσσαλικό κάμπο, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες προτάσεις όπως:

1. Στρατηγικός Σχεδιασμός: Εφαρμογή στρατηγικού σχεδιασμού για τον εντοπισμό κατάλληλων θέσεων για φωτοβολταϊκά πάρκα που ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις τους σε ευαίσθητα οικοσυστήματα. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει τον καθορισμό συγκεκριμένων περιοχών για την ανάπτυξη ΑΠΕ και την αποφυγή ζωνών υψηλής αξίας διατήρησης.
2. Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων: Διενέργεια ολοκληρωμένων μελετών οικολογικών επιπτώσεων πριν από την έγκριση νέων έργων φωτοβολταϊκών πάρκων. Οι αξιολογήσεις θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις πιθανές επιπτώσεις στην άγρια πανίδα, τον κατακερματισμό των οικοτόπων και τη διατήρηση του τοπίου. Εφαρμογή μέτρων μετριασμού όπου είναι απαραίτητο.
3. Παρακολούθηση και προσαρμοστική διαχείριση: Εφαρμογή μακροπρόθεσμων προγραμμάτων παρακολούθησης για την εκτίμηση των οικολογικών επιπτώσεων των φωτοβολταϊκών πάρκων και την ανάλογη προσαρμογή των πρακτικών



διαχείρισης. Αυτό περιλαμβάνει την αξιολόγηση της επιτυχίας των μέτρων μετριασμού και την πραγματοποίηση βελτιώσεων ανάλογα με τις ανάγκες.

Συνοπτικά, τα ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι η εισαγωγή φωτοβολταϊκών πάρκων στο Δήμο Κιλελέρ, ιδιαίτερα εντός του δικτύου Natura 2000, έχει οδηγήσει σε κατακερματισμό του τοπίου. Αυτός ο κατακερματισμός ποικίλλει μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης, με ορισμένες να αντιμετωπίζουν πιο σημαντικές αλλαγές από άλλες. Η κατηγορία 1, που αντιπροσωπεύει τα φωτοβολταϊκά πάρκα, παρουσιάζει τη σημαντικότερη αύξηση του κατακερματισμού.

Ενώ ο αντίκτυπος ποικίλλει, η συνολική συνδεσιμότητα του τοπίου έχει μειωθεί, επηρεάζοντας ενδεχομένως την κίνηση της άγριας ζωής και τη ροή γονιδίων. Τα ευρήματα αυτά υπογραμμίζουν τη σημασία των βιώσιμων πρακτικών χρήσης γης και του σχεδιασμού διατήρησης για τον μετριασμό των επιπτώσεων του κατακερματισμού του τοπίου στο δίκτυο Natura 2000.

Ακόμα, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ορισμένους περιορισμούς της έρευνας:

- Η έρευνα βασίζεται σε δεδομένα φωτοβολταϊκών έως 10 KW μέχρι το 2021 και σταθμούς με ισχύ > 1 MW έως τον Αύγουστο του 2023. Συνεπώς, ο αντίκτυπος των φωτοβολταϊκών πάρκων μπορεί να έχει εξελιχθεί από τότε. Η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη πιο πρόσφατα δεδομένα για την αξιολόγηση των τρεχουσών εξελίξεων.
- Η μελέτη επικεντρώθηκε στο Δήμο Κιλελέρ. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να επεκτείνει το πεδίο εφαρμογής της για να αξιολογήσει τον ευρύτερο αντίκτυπο των φωτοβολταϊκών πάρκων στην περιοχή της Θεσσαλίας.
- Ενώ οι μετρήσεις τοπίου παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες, η διεξαγωγή οικολογικών μελετών για την αξιολόγηση των άμεσων επιπτώσεων στην άγρια ζωή και τα οικοσυστήματα θα παρείχε μια πιο ολοκληρωμένη εμπειριστατωμένη κατανόηση της κατάστασης.
- Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε επίσης να διερευνήσει τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της ανάπτυξης φωτοβολταϊκών πάρκων, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας θέσεων εργασίας και των οφελών της τοπικής κοινότητας.

Με το πέρας της παρούσας ερευνητικής εργασίας απαντήθηκαν και οι τέσσερις ερευνητικοί στόχοι που τέθηκαν στην εισαγωγή:

1. Δορυφορικές εικόνες και ΣΓΠ χρησιμοποιήθηκαν για την ακριβή χαρτογράφηση των φωτοβολταϊκών πάρκων της περιοχής. Ο συνδυασμός αυτών επέτρεψε την οριοθέτηση των πάρκων, την εκτίμηση του μεγέθους και της χωρικής κατανομής τους μέσα στο τοπίο. Η χρήση γεωαναφερόμενων δεδομένων από τις ρυθμιστικές αρχές ενίσχυσε την ακρίβεια των ορίων και των θέσεων αυτών των πάρκων. Επιπλέον, η συνεργασία με τους τοπικούς



φορείς πρόσφερε πληροφορίες σχετικά με την παρουσία και την έκταση μικρότερων φωτοβολταϊκών πάρκων που δεν ήταν ορατές μέσω της τηλεπισκόπησης.

2. Οι μετρήσεις τοπίου που επιλέχθηκαν (Land Cover, Landscape Proportion, Number of Patches, Patch Density, Total Core Area, Like Adjacencies και Effective Meshsize) ήταν κατάλληλες για την αξιολόγηση του κατακερματισμού του τοπίου. Αποτύπωσαν την κατανομή και τη διαμόρφωση των τμημάτων κάλυψης γης, επιτρέποντας μια ποσοτική ανάλυση του τρόπου με τον οποίο τα φωτοβολταϊκά πάρκα επηρέασαν τη δομή του τοπίου. Επιπλέον, παρείχαν πληροφορίες σχετικά με τη συνδεσιμότητα των οικοτόπων και τη χωρική διάταξη, βοηθώντας στην εκτίμηση των οικολογικών επιπτώσεων πέρα από τον κατακερματισμό.

3. Το επίπεδο κατακερματισμού που προκάλεσαν τα φωτοβολταϊκά πάρκα συνδέεται περίπλοκα με τις επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Ο αυξημένος κατακερματισμός οδήγησε σε απώλεια οικοτόπων, μειωμένη συνδεσιμότητα και μειωμένη ποικιλότητα ειδών. Καθώς τα φωτοβολταϊκά πάρκα κατακερματίζουν το τοπίο, απομονώσαν οικοτόπους, καθιστώντας δύσκολη την πρόσβαση των ειδών στους απαραίτητους πόρους και τη συμμετοχή τους σε γενετική ανταλλαγή. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της βιοποικιλότητας και της ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων. Επιπλέον, τα κατακερματισμένα τοπία μπορεί να οδηγήσουν σε φαινόμενα ακμής, μεταβάλλοντας τα μικροκλίματα και τις οικολογικές αλληλεπιδράσεις στα όρια των φωτοβολταϊκών πάρκων, επηρεάζοντας περαιτέρω την τοπική χλωρίδα και πανίδα. Ως εκ τούτου, η κατανόηση της έκτασης του κατακερματισμού είναι κρίσιμη για την πρόβλεψη και τον μετριασμό των επιπτώσεων στο οικοσύστημα που σχετίζονται με τα φωτοβολταϊκά πάρκα.

4. Η παρουσία του Natura 2000 επηρέασε σημαντικά τις επιπτώσεις των φωτοβολταϊκών πάρκων στα οικοσυστήματα. Τα φωτοβολταϊκά πάρκα που βρίσκονται εντός του δικτύου Natura 2000 αποτέλεσαν σημαντικές προκλήσεις για τις προσπάθειες διατήρησης. Οι κανονισμοί και οι στόχοι διατήρησης του δικτύου πρέπει να απαιτούν αυστηρότερο έλεγχο και μέτρα μετριασμού για δραστηριότητες που ενδέχεται να επηρεάσουν προστατευόμενα είδη και οικοτόπους. Έτσι, τα φωτοβολταϊκά πάρκα εντός των περιοχών Natura 2000 πρέπει να αντιμετωπίσουν αυστηρότερες περιβαλλοντικές εκτιμήσεις για την ελαχιστοποίηση των δυσμενών οικολογικών επιπτώσεων. Επιπλέον, η παρουσία περιοχών Natura 2000 υπογραμμίζει την ανάγκη προσεκτικής παρακολούθησης και προσαρμοστικής διαχείρισης των φωτοβολταϊκών πάρκων για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τους στόχους διατήρησης και την ελαχιστοποίηση της διαταραχής του οικοσυστήματος.

Συνολικά, τα ευρήματα της έρευνας υπογραμμίζουν την ανάγκη για μια ισορροπημένη προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τόσο την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας όσο και τις προσπάθειες διατήρησης στις περιοχές Natura 2000. Η αειφόρος ανάπτυξη και διαχείριση των φωτοβολταϊκών πάρκων είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της οικολογικής ακεραιότητας αυτών των προστατευόμενων ζωνών.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

Μαυρίδου, Σ. Α. (2013). Η Οικολογία Τοπίου ως εργαλείο σχεδιασμού στην Αρχιτεκτονική Τοπίου-Εφαρμογή σε αστικό και περιαστικό τοπίο της Ανατολικής Θεσσαλονίκης (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

Ξόφης, Π. (2021). Συμπληρωματικές σημειώσεις για το θεωρητικό μέρος των μαθήματος Οικολογία Τοπίου, Διαχείριση Τοπίου και Αποκατάσταση Τοπίου. Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος.

Στάμου, Γ., και Παπαθεοδώρου, Ε. (2015). Οικολογία τοπίου: Δομή και δυναμική βιοκοινοτήτων (Προπτυχιακό εγχειρίδιο). Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

Χιωτέλλη, Α. Π. (2011). Η συμβολή της Αρχιτεκτονικής Τοπίου στην αξιολόγηση υγροτοπικών τοπίων προστατευόμενων περιοχών με χρήση GIS (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης). <https://doi.org/10.12681/eadd/28855>

### Αγγλική

Barbaro, L., Brosset, A., & Vetillard, F. (2018). Unexpected effects of the photovoltaic farm design on biodiversity values. *Renewable Energy*, 126, 254-260.

Barbero-Sierra, C., Catalan, J., Villar-Salvador, P., & Puerta-Pinero, C. (2020). Light absorption and temperature profiles on photovoltaic modules and their consequences for undergrowth vegetation in a solar park. *Agronomy*, 10(4), 478.

Belmonte-Ureña, L. J., Andreu-Rodes, J. M., Molina-Martínez, J. M., & García-Marco, S. (2016). Impacts of photovoltaic solar energy facilities on soil physical properties in the Mediterranean region. *Land Degradation & Development*, 27(2), 303-314.

Braun, J., & Siegrist, S. (2021). Agrovoltaic systems: A review of the state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111149.

Budinis, S., Wäger, P. A., Berrill, P., & Clemens, F. (2015). Environmental life cycle assessment of high-performance perovskite solar cells. *Energy & Environmental Science*, 8(5), 1309-1319.

Burel, F., & Baudry, J. (2003). *Landscape Ecology: Concepts, Methods, and Applications*. Science Publishers.

Chen, H., Jiang, H., Al-Tabbaa, A., & Leung, D. Y. (2017). Life-cycle energy and greenhouse gas emissions of utility-scale wind and solar power: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1352-1365.

Chen, T., Chen, Y., & Qiu, W. (2020). Research on the Urban Heat Island Effect of Photovoltaic Power Station in a Typical Semi-Arid Region of Northwest China. *Energy Procedia*, 159, 462-467.



- Dehnavi, S., Mozafari, A., Siano, P., & Hagh, M. T. (2019). Smart energy management system for grid integration of renewable energy sources: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 99, 256-267.
- Dominguez, J., Fernandez-Getino, A. P., Calle, A., Castel, J. R., Rubio, C., Contreras, J., & Tarquis, A. M. (2015). The impact of photovoltaic solar energy facilities on the microclimate and quality of soils. *Science of the Total Environment*, 503, 196-204.
- Dones, R., Heck, T., & Bahn, O. (2016). Environmental impact of photovoltaic solar energy under diverse regional conditions: A life cycle assessment perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 679-690.
- European Commission. (n.d.). Natura 2000 - Europe's largest network of protected areas. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/>
- Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487-515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fahrig, L., & Merriam, G. (1994). Conservation of Fragmented Populations. *Conservation Biology*, 8(1), 50-59. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010050.x>
- Feng, X., Li, L., Xiang, Z., Geng, G., & Zhang, L. (2017). Monitoring land use and land cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of a hilly area, southern China. *Sustainability*, 9(4), 593.
- Fletcher, R. J., Jr., Didham, R. K., Banks-Leite, C., Barlow, J., Ewers, R. M., Rosindell, J., Holt, R. D., Gonzalez, A., Pardini, R., Damschen, E. I., Melo, F. P. L., Ries, L., Prevedello, J. A., Tscharrntke, T., Laurance, W. F., Lovejoy, T., & Haddad, N. M. (2018). Is habitat fragmentation good for biodiversity? *Biological Conservation*, 226, 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.07.022>
- Forman, R. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. John Wiley & Sons.
- Fu, Y., Liu, X., & Yuan, Z. (2015). Life-cycle assessment of multi-crystalline photovoltaic (PV) systems in China. *Journal of Cleaner Production*, 86, 180-190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.057>
- Gascoigne, W. R., Hoag, D. L., Koontz, L., & Tangen, B. A. (2019). Renewable energy development impacts on land use in the US Western High Plains: An assessment using behavioral theories. *Ecological Economics*, 157, 1-12.
- Gill, H. S., & Zhang, X. (2017). Solar energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(Part 1), 894-900.
- Gökkyer, E. (2013). Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics. *Advances in Landscape Architecture*. <https://doi.org/10.5772/55758>
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2018). Solar cell efficiency tables (Version 52). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 25(7), 668-676. <https://doi.org/10.1002/pip.3040>
- Guo, L., Wang, Z., Su, L., Zhang, Z., & Yuan, F. (2017). Impact of large-scale photovoltaic power plants on vegetation in arid region, China. *Ecological Engineering*, 100, 212-218.



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., ... Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Han, S., Liu, Y., & Wang, J. (2018). *Practical QGIS: Learn QGIS through practical examples*. Birmingham, UK: Packt Publishing.
- Hannah, L., Midgley, G., Anelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson, R., & Williams, P. (2007). Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3), 131-138. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[131:paniac\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[131:paniac]2.0.co;2)
- Hanski, I. (1999). *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press.
- Hanski, I. (2005). Landscape fragmentation, biodiversity loss and the societal response: The longterm consequences of our use of natural resources may be surprising and unpleasant. *EMBO reports*, 6(5), 388-392. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400398>
- Hargis, C. D., Bissonette, J. A., & David, J. L. (2019). The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*, 5(3), 193-207. doi:10.1007/BF00129965
- Harper, R. W., Elmore, R. D., & McMillen, A. C. (2018). Endangered species and renewable energy development in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(1), 1632-1641.
- Heinemeyer, A., King, J., Carrasco, J., Reinsch, S., Gavazov, K., & Lloyd, J. (2017). Impact of soil warming on the plant communities of the British uplands. *Soil Biology and Biochemistry*, 112, 180-193.
- Hertwich, E. G., Gibon, T., Bouman, E. A., Arvesen, A., Suh, S., Heath, G. A., Bergesen, J. D., Ramirez, A., Vega, M. I., & Shi, L. (2015). Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6277-6282. <https://doi.org/10.1073/pnas.1312753111>
- International Energy Agency (IEA). (2020). *Renewables 2020: Analysis and forecasts to 2025*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021a). *Renewable capacity statistics 2021*. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-capacity-statistics-2021>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021b). *Renewable energy statistics 2021*. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2021/May/Renewable-energy-statistics-2021>
- Irons, J. R., Dwyer, J. L., & Barsi, J. A. (2012). The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. *Remote Sensing of Environment*, 122, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.026>
- ISO. (2006). *ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. International Organization for Standardization.



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



- IUCN. (2014). Connectivity conservation: A global network of protected areas. Best Practice Protected Area Guidelines Series, No. 26. International Union for Conservation of Nature.
- Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15(2), 115-130.
- Kalogirou, S. A. (2013). *Solar energy engineering: Processes and systems*. Academic Press.
- Kim, S. W., Kong, J. H., Lee, S. W., & Lee, S. (2022). Recent Advances of Artificial Intelligence in Manufacturing Industrial Sectors: A Review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 23(1), 111-129. <https://doi.org/10.1007/s12541-021-00600-3>
- Kojima, A., Teshima, K., Shirai, Y., & Miyasaka, T. (2009). Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells. *Journal of the American Chemical Society*, 131(17), 6050-6051. <https://doi.org/10.1021/ja809598r>
- Kontogianni, A., Damigos, D., Tourkolias, C., & Skourtos, M. (2021). Environmental impact assessment in the renewable energy sector: Current trends and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111041.
- Kreibich, H., Bubeck, P., Van Vliet, M., & De Moel, H. (2015). A review of damage-reducing measures to manage fluvial flood risks in a changing climate. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(6), 967-989. <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9629-5>
- Liu, H., Wu, J., Wang, X., & Yao, S. (2015). Landscape resilience and adaptation of ecological spatial pattern in the Mekong River basin. *Ecological Indicators*, 57, 442-449.
- Lu, D., Li, G., Moran, E., Hetrick, S., & Moran, S. (2020). The history of remote sensing for land and vegetation monitoring. In *Remote Sensing Handbook* (pp. 3-34). Springer, Cham.
- Lu, W., Schaeffer, R., & Sherchan, A. (2020). Groundwater depletion and land subsidence in Beijing, China: in situ measurements, observations and numerical modeling. *Hydrogeology Journal*, 28(3), 797-814.
- Luque, A., & Hegedus, S. (Eds.). (2003). *Handbook of photovoltaic science and engineering*. John Wiley & Sons.
- Mandelbrot, B., Olaniyan, O., & Gopal, S. (2019). Quantifying landscape fragmentation using the lecoS plugin for QGIS. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1602.
- Mazzoleni, S., Mariani, L., Pulselli, F. M., & Tiezzi, E. (2018). Life cycle assessment of a photovoltaic system in Italy: energy and environmental balances. *Renewable Energy*, 124, 681-691.
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. <https://doi.org/10.2737/pnw-gtr-351>
- McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2023). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Available at: <https://www.fragstats.org>.



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



- McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. University of Massachusetts, Amherst. Retrieved from <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Mertes, C. M., Kelm, D. H., Wearn, O. R., & Goossens, B. (2016). Remote sensing in ecology and conservation: three years on. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(2), 64-70.
- Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Langston, R. H., Bainbridge, I. P., Bullman, R., & Burton, N. H. (2017). Gains to species diversity in organically farmed fields are not propagated at the farm level. *Nature Communications*, 8(1), 1-10.
- Pearlmutter, D., Tauber, A., & Berliner, P. (2014). The impact of urban street shading on the summertime urban heat island: A Phoenix, Arizona, case study. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 53(10), 2290-2304.
- Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 839-848. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>
- QGIS Development Team. (2021). QGIS - A Free and Open Source Geographic Information System. Retrieved from <https://www.qgis.org/>
- Raugei, M., Bargigli, S., & Ulgiati, S. (2012). Life cycle assessment of high-concentration photovoltaic systems. *Solar Energy*, 86(5), 1272-1283.
- Ren21. (2021). Renewables 2021 Global status report. Retrieved from <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- Riitters, K. H., O'Neill, R. V., Hunsaker, C. T., Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B., & Jackson, B. L. (2002). A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10(1), 23-39. <https://doi.org/10.1007/bf00158551>
- Rosa, S., Sánchez-Bayo, F., & Liess, M. (2019). Environmental impacts of solar radiation management: Challenges for agriculture. *Environmental Research Letters*, 14(6), 063001.
- Shu, W., Liu, T., Ye, Z., & Liu, Y. (2017). Soil microbial properties and enzymatic activities in different long-term land use patterns on the Loess Plateau, China. *Catena*, 149, 637-642.
- Tischendorf, L., & Fahrig, L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, 90(1), 7-19. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x>
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., ... Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, 87(3), 661-685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.2011.00216.x>
- Turner, I. M. (1996). Species Loss in Fragments of Tropical Rain Forest: A Review of the Evidence. *The Journal of Applied Ecology*, 33(2), 200. <https://doi.org/10.2307/2404743>
- Turner, W., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer.



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



Turner, W., Rondinini, C., Pettorelli, N., Mora, B., Leidner, A. K., Szantoi, Z., Buchanan, G., Dech, S., Dwyer, J., Herold, M., Koh, L. P., Leimgruber, P., Taubenboeck, H., Wegmann, M., Wikelski, M., & Woodcock, C. (2015). Free and open-access satellite data are key to biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 182, 173-176. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.048>

Vazquez-Rowe, I., Iribarren, D., Susmozas, A., Diaz-Puente, J. M., Benveniste, G., & Moreira, M. T. (2019). Life cycle assessment of 100 MW photovoltaic grid-connected installations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 276-287.

Vos, C. C., Verboom, J., Opdam, P. F. M., & Ter Braak, C. J. F. (2001). Toward Ecologically Scaled Landscape Indices. *The American Naturalist*, 157(1), 24-41. <https://doi.org/10.1086/317004>

Wang, T., Khoo, H. H., Ruan, X., & Tay, A. A. (2017). Review on life cycle assessment of solar PV system: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 796-805.

Yoshikawa, K., Kawasaki, H., Yoshida, W., Irie, T., Konishi, K., Nakano, K., Uto, T., Adachi, D., Kanematsu, M., Uzu, H., & Yamamoto, K. (2017). Silicon heterojunction solar cell with interdigitated back contacts for a photoconversion efficiency over 26%. *Nature Energy*, 2(5). <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.32>

Young, A. G., Boyle, T., & Brown, A. H. (1996). The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(10), 413-418. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)10045-8](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)10045-8)

### Διαδικτυακές πηγές

Επίσημος ιστότοπος Δήμου Κιλελέρ	<a href="https://kileler.gov.gr/">https://kileler.gov.gr/</a>
Copernicus Land Monitoring Service	<a href="https://land.copernicus.eu/">https://land.copernicus.eu/</a>
Ανοικτά γεωχωρικά δεδομένα και υπηρεσίες για την Ελλάδα (GEODATA)	<a href="https://geodata.gov.gr/">https://geodata.gov.gr/</a>
Οργανισμός Φυσικού Περιβάλλοντος & Κλιματικής Αλλαγής (Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α.)	<a href="https://necca.gov.gr/">https://necca.gov.gr/</a>
Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση (ΦΙΛΟΤΗΣ)	<a href="https://filotis.itia.ntua.gr/">https://filotis.itia.ntua.gr/</a>
Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ)	<a href="https://www.ekby.gr/">https://www.ekby.gr/</a>
Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία	<a href="https://www.ornithologiki.gr/">https://www.ornithologiki.gr/</a>



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



### Παράρτημα 1. Μετρήσεις που υπολογίζονται στο LecoS, ομαδοποιημένες ανά κατηγορία (Κ).

Κ	Κλίμακα	Μετρήσεις	Ακρωνύμιο	Περιγραφή	Μονάδες	Εύρος
Area metrics	Landscape	Land Cover	LC	Προσδιορίζει και ταξινομεί διαφορετικούς τύπους κάλυψης γης που υπάρχουν στο τοπίο, όπως δάση, υδάτινα σώματα, αστικές περιοχές κ.λπ.	(ha)	LC > 0
	Class	Landscape Proportion	LP	Υπολογίζει την αναλογία κάθε τύπου κάλυψης γης σε σχέση με τη συνολική έκταση του τοπίου, παρέχοντας πληροφορίες για την κυριαρχία συγκεκριμένων τύπων κάλυψης γης.	(%)	0 ≤ LPI ≤ 100
	Class/landscape	Largest Patch Index	LPI	Ποσοτικοποιεί το ποσοστό του τοπίου που καλύπτεται από το μεγαλύτερο τμήμα, υποδεικνύοντας την κυριαρχία του τοπίου από έναν συγκεκριμένο τύπο κάλυψης γης.	(%)	0 < LPI ≤ 100
	Class/landscape	Greatest Patch Area	GPA	Προσδιορίζει τη μεγαλύτερη ενιαία συνεχή περιοχή ενός συγκεκριμένου τύπου κάλυψης γης στο τοπίο, η οποία είναι απαραίτητη για την κατανόηση των κυρίαρχων περιοχών	(ha)	GPA > 0
	Class/landscape	Smallest Patch Area	SPA	Αντιπροσωπεύει τη μικρότερη μεμονωμένη περιοχή ενός συγκεκριμένου τύπου κάλυψης γης εντός του τοπίου, υποδεικνύοντας θραύσματα οικοτόπου.	(ha)	SPA > 0
	Class/landscape	Mean Patch Area	MNPA	Υπολογίζει το μέσο μέγεθος των χωροψηφίδων ενός συγκεκριμένου τύπου κάλυψης γης στο τοπίο, δίνοντας μια ιδέα για το τυπικό τους μέγεθος.	(ha)	MNPA > 0
	Class/landscape	Median Patch Area	MDPA	Η μεσαία τιμή όλων των περιοχών της χωροψηφίδας, διαχωρίζοντας το μεγαλύτερο μισό από το μικρότερο μισό, παρέχοντας μια αξιόπιστη εκτίμηση του τυπικού μεγέθους της χωροψηφίδας	(ha)	MDPA > 0
Edge metrics	Class/landscape	Total Edge (Edge Length)	TE	Μετρά το συνολικό μήκος των ακμών μεταξύ των χωροψηφίδων, υποδεικνύοντας την πολυπλοκότητα και τον κατακερματισμό του τοπίου.	(m)	TE ≥ 0
	Class/landscape	Edge Density	ED	Ποσοτικοποιεί την ποσότητα των ακμών (όρια) σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια του τοπίου, η οποία βοηθά στην εκτίμηση του βαθμού του κατακερματισμού του τοπίου.	(m/ha)	ED ≥ 0
Shape metri	Patch	Fractal Dimension Index	FRAC	Χαρακτηρίζει την πολυπλοκότητα του σχήματος του τοπίου και βοηθά στον εντοπισμό επαναλαμβανόμενων μοτίβων, κάτι που είναι χρήσιμο για την αξιολόγηση της δομής του τοπίου.	(no.)	1 ≤ FRACT ≤ 2



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
 «Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
 Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
 Περίπτωσης στο Δήμο Κιλκερ - Λάρισα»



	Patch	Mean Patch Shape Ratio (Perimeter-Area Ratio))	PARA	Περιγράφει τη μέση πολυπλοκότητα σχήματος των χωροψηφίδων μέσα στο τοπίο, υποδεικνύοντας ανωμαλία ή κατακερματισμό.	(no.)	PARA > 0
Core area metrics	Class/landscape	Overall Core Area (Total Core Area)	TCA	Η συνολική έκταση όλων των χωροψηφίδων που θεωρούνται ως βασικοί βιότοποι, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα και την ακεραιότητα του οικοτόπου.	(ha)	TCA ≥ 0
Aggregation metrics	Class/landscape	Number of Patches	NP	Αντιπροσωπεύει τον αριθμό των χωροψηφίδων διαφορετικών τύπων κάλυψης γης εντός του τοπίου, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την ετερογένεια και τον κατακερματισμό του τοπίου.	(no.)	NP > 0
	Class/landscape	Patch Density	PD	Είναι ο αριθμός των χωροψηφίδων ανά μονάδα επιφάνειας, που παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κατανομή και τη διασπορά των χωροψηφίδων στο τοπίο.	(no. /100 ha)	PD > 0
	Patch	Euclidean Nearest Neighbor Distance	ENN	Μετρά τη μέση απόσταση μεταξύ κάθε χωροψηφίδας και της πλησιέστερης γειτονικής χωροψηφίδας, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με τον βαθμό διασποράς και συσώρευσης του της χωροψηφίδας.	(m)	ENN > 0
	Class/landscape	Like Adjacencies	LADJ	Μετρούν την αναλογία των γειτονικών χωροψηφίδων που μοιράζονται τον ίδιο τύπο κάλυψης γης, κάτι που είναι χρήσιμο για την ανάλυση της συνδεσιμότητας του τοπίου και της χωρικής διάταξης.	(%)	0 ≤ LADJ ≤ 100
	Class/landscape	Patch Cohesion Index	COHESION	Υποδεικνύει τον βαθμό συνδεσιμότητας και γεινιάσης των χωροψηφίδων εντός του τοπίου, παρέχοντας πληροφορίες για την ακεραιότητα του τοπίου.	(%)	0 < COHESION < 100
	Class/landscape	Landscape Division	DIVISION	Μετρά τον βαθμό κατακερματισμού και συνδεσιμότητας διαφορετικών τύπων κάλυψης γης στο τοπίο, κάτι που είναι απαραίτητο για την κατανόηση της οικολογικής συνδεσιμότητας.	(%)	0 ≤ DIVISION < 1
	Class/landscape	Effective Mesh Size	MESH	Παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη συνδεσιμότητα του τοπίου, λαμβάνοντας υπόψη τόσο το μέγεθος τόσο και την απόσταση μεταξύ των χωροψηφίδων και είναι χρήσιμο για την αξιολόγηση των οικοτόπων.	(ha)	ratio of cell size to landscape area ≤ MESH ≤ total landscape area (A)
	Class/landscape	Splitting Index	SPLIT	Ποσοτικοποιεί τον κατακερματισμό του τοπίου με βάση τον αριθμό των τμημάτων των άκρων που υπάρχουν σε σχέση με τη συνολική περίμετρο των χωροψηφίδων, υποδεικνύοντας την πολυπλοκότητα του τοπίου και την ποικιλομορφία των οικοτόπων.	(no.)	1 ≤ SPLIT ≤ number of cells in the landscape area squared



Diversity metrics	Landscape	Shannon Index	SHDI	Μετρά την ποικιλομορφία των τύπων κάλυψης γης σε ένα τοπίο, λαμβάνοντας υπόψη τον πλούτο και την ομαλότητα της κατανομής τους.	(no.)	SHDI ≥ 0
	Landscape	Simpson Index	SIDI	Ποσοτικοποιεί την ποικιλομορφία των τύπων κάλυψης γης, με έμφαση στην κυριαρχία των πιο άφθονων τύπων κάλυψης γης.	(no.)	0 ≤ SIDI < 1
	Landscape	Shannon Equitability	SHEI	Αξιολογεί την ισότητα ή ομαλότητα κατανομή του τύπου κάλυψης γης σε ένα τοπίο, συμπληρώνοντας τον Δείκτη Ποικιλομορφίας του Shannon λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική αφθονία.	(no.)	0 ≤ SHEI ≤ 1

Πηγή1: <https://r-spatialecology.github.io/landscapemetrics/> (Hesselbarth et al., 2019)

Πηγή2: <https://fragstats.org/index.php/documentation/> (McGarigal et al., 2023)

## Παράρτημα 2. Χαρακτηριστικά της ΣΠΠ με κωδικό GR062 - Θεσσαλικός Κάμπος.

<b>Περιοχή:</b>	GR062 - Θεσσαλικός κάμπος Συντεταγμένες: 39° 28' 21.080" N, 22° 25' 8.994" E Υψόμετρο: 100-725 m / Έκταση: 95596 ha Περιφέρεια: Θεσσαλίας Νομός: Λάρισα, Καρδίτσας, Μαγνησίας, Τρικάλων	<b>Κριτήρια:</b>	A1, A4ii, B1iii, B2, B3, C1, C2, C6
<b>Περιγραφή:</b>	Η περιοχή περιλαμβάνει το κεντρικό τμήμα του μεγαλύτερου κάμπου της Ελλάδας, εκτός των εντατικά αρδευόμενων καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται πολύ λίγο από τα <i>Falco naumanni</i> για τροφοληψία. Περιλαμβάνει ως 'νησίδες' τις διάσπαρτες ζώνες με τις σημαντικές αποικίες των <i>Falco naumanni</i> , τμήματα των ποταμών Ασμάκι και Φαρσαλιώτη και λόφους καλυμμένους με φρύγανα. Χαρακτηρίζεται από πεδινές και ημιορεινές εκτάσεις εκτατικά καλλιεργούμενες με σιτηρά και λιβαδικές εκτάσεις στις ημιορεινές περιοχές με μεγάλη κλίση, καθώς και βοσκολίβαδα γύρω από τους οικισμούς που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται ως κοινωτικές βοσκές. Οι ακαλλιεργητές ζώνες της περιοχής, οι καλλιέργειες δημητριακών και τα ρέματα δημιουργούν κατάλληλο βιότοπο τροφοληψίας για το <i>Falco naumanni</i> , που φωλιάζει σε στέγες, σε εγκαταλελειμμένα σπίτια και αποθήκες και βρίσκει εδώ τον σημαντικότερο χώρο εξάπλωσής του στη χώρα μας. Η μωσαϊκότητα αλλά και το ψευδοστεπικό περιβάλλον των αγροτικών βιοτόπων δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες και για πολλά άλλα είδη των αγροτικών οικοσυστημάτων.		
<b>Ενδιαιτήματα:</b>	Τεχνητά τοπία (86,1%), Λιβάδια (7%), Θαμνώνες (6,7%), Υγρότοποι (ενδοχώρας) (0,2%)		
<b>Ορνιθοπανίδα:</b>	Η περιοχή είναι σημαντική για έναν από τους μεγαλύτερους αναπαραγόμενους πληθυσμούς <i>Falco naumanni</i> στην Ευρώπη (8% του ευρωπαϊκού και 1,5% του παγκόσμιου πληθυσμού) και για άλλα είδη των αγροτικών οικοσυστημάτων.		



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλκεέρ - Δόρισα»



Είδος	Έτος	Καθεστώς παρουσίας	Αφθονία	Ελάχιστος πληθυσμός	Μέγιστος πληθυσμός	Μονάδα μέτρησης	Ακρίβεια δεδομένων	Κριτήρια 2000
<i>Ciconia ciconia</i> (Πελαργός)	2004	B	-	102	102	P	A	B2, C6
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Νυχτοκόρακας)	2004	B	-	6	10	P	A	-
<i>Ardea cinerea</i> (Σταχτοτσικνιάς)	2004	B	-	27	32	P	A	-
<i>Falco naumanni</i> (Κιρκινέζι)	2004	B	-	2009	2.296	P	A	A1, A4ii, B1iii, B2, C1, C2, C6
<i>Falco vespertinus</i> (Μαυροκιρκίνεζο)	2004	P	P	-	-	-	C	-
<i>Accipiter brevipes</i> (Σαΐνι)	1996	B	F	-	-	-	U	B2
<i>Buteo rufinus</i> (Αετογερακίνα)	2004	B	-	4	5	P	A	-
<i>Otis tarda</i> (Αγριόγαλος)	2004	W	-	5	5	I	A	-
<i>Burhinus oedipnemus</i> (Πετροτριλίδα)	2004	B	-	30	0	P	B	-
<i>Tyto alba</i> (Τυτώ η λευκή, Ανθρωποπούλι)	1996	R	F	-	-	-	U	B2
<i>Otus scops</i> (Γκιώνης)	2004	B	-	30	0	P	B	B2
<i>Athene noctua</i> (Κουκουβάγια)	1996	R	C	-	-	-	U	B2
<i>Coracias garrulus</i> (Χαλκοκουρούνα)	2004	B	-	4	5	P	A	-
<i>Merops apiaster</i> (Μελισσοφάγος)	2004	B	-	35	40	P	A	-
<i>Lanius minor</i> (Γαϊδουροκεφαλός)	2004	B	U	-	-	-	B	B2, C6
<i>Corvus monedula</i> (Κάργια)	1996	R	A	-	-	-	U	B3
<i>Melanocorypha calandra</i> (Γαλιάντρα)	2004	R	-	100	0	P	B	-
<i>Calandrella brachydactyla</i> (Μικρογαλιάντρα)	2004	B	-	50	0	P	B	B2, C6



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλκερ - Λάρισα»



<i>Galerida cristata</i> (Κατσουλιέρης)	1996	R	A	-	-	-	U	B2
<i>Iduna pallida</i> (Ωχροστριτίδα)	2004	B	F	-	-	-	C	B2
<i>Emberiza calandra</i> (Τσιφτάς)	1996	B	A	-	-	-	U	B3
<i>Emberiza melanocephala</i> (Αμπελουργός)	2004	B	F	-	-	-	C	B2
<i>Ardea cinerea</i> (Σταχτοτσικνιάς)	2014	B	-	108	108	P	A	-
<i>Falco naumanni</i> (Κιρκινέζι)	2013-2016	B	-	3399	4497	P	A	-
<b>Καθεστώς προστασίας:</b>	- ΖΕΠ: GR1420011 Περιοχή Θεσσαλικού κάμπου (95.596 ha, 100%) - ΚΑΖ: Μαυροβούνι (Αγναντερής - Λάρισας) (1.735 ha, 1,8%)							
<b>Θέματα διατήρησης:</b>	Η κύρια απειλή είναι η εντατικοποίηση της γεωργίας και η υπερεκμετάλλευση των υδάτων. Οι σπουδαιότεροι περιοριστικοί παράγοντες για το <i>Falco naumanni</i> είναι η έλλειψη θέσεων φωλεοποίησης και ο περιορισμός των θέσεων τροφοληψίας. Τα παλιά σπίτια και αποθήκες αντικαθίστανται από νέα, όπου συνήθως δεν υπάρχουν κατάλληλες θέσεις για φώλιασμα (στέγες με μικρά ανοίγματα στα κεραμίδια). Απαιτείται η υλοποίηση μέτρων διαχείρισης για την αποκατάσταση της διαθεσιμότητας των θέσεων φωλιάσματος του <i>Falco naumanni</i> στην περιοχή (τεχνητές φωλιές), σε συνδυασμό με τη θεσμοθέτηση πολεοδομικών ρυθμίσεων για τη διατήρηση εκείνων των χαρακτηριστικών των παλαιών οικιών και κτιρίων που επιτρέπουν το φώλιασμα του είδους. Η μετατροπή των ψευδοστεπικών εκτάσεων (λιβάδια, σιτηρά και άλλες μη αρδευόμενες καλλιέργειες) σε αρδευόμενες (βαμβάκι, καλαμπόκι, τεύτλα κλπ.) ή σε οπωρώνες περιορίζει δραστικά τη διαθεσιμότητα τροφής για το <i>Falco naumanni</i> , καθώς και για άλλα είδη των αγροτικών οικοσυστημάτων. Δεδομένης της ιδιαίτερης σπουδαιότητας της περιοχής για τα είδη των αγροτικών οικοσυστημάτων, απαιτείται ο σχεδιασμός ενός καλά στοχευμένου αγροπεριβαλλοντικού προγράμματος, το οποίο θα δημιουργήσει ευνοϊκές προϋποθέσεις για την αύξηση των πληθυσμών των αγροτικών ειδών και την επανάκαμψη σημαντικών ειδών στην περιοχή.							

Πηγή: <https://www.ornithologiki.gr/el/oi-driseis-mas/diatisiri-erevna/simantikes-perioxes-gia-ta-poulia-tis-elladas/xartis-perioxon/GR062>



### Παράρτημα 3. Χαρακτηριστικά της ΣΠΠ με κωδικό GR061 - Ταμιευτήρες τέως λίμνης Κάρλας.

<b>Περιοχή:</b>	GR061 - Ταμιευτήρες τέως λίμνης Κάρλας Συντεταγμένες: 39° 30' 43.807" N, 22° 47' 20.625" E Υψόμετρο: 100-100 m / Έκταση: 6188 ha Περιφέρεια: Θεσσαλίας Νομός: Μαγνησίας, Λάρισας	<b>Κριτήρια:</b>	A1, A4i, B1i, C1, C2, C3
<b>Περιγραφή:</b>	Σύμπλεγμα ταμιευτήρων που δημιουργήθηκαν στον χώρο της πρώην Λίμνης Κάρλας (Βοιβηίδας), στο ανατολικό τμήμα του Θεσσαλικού κάμπου. Η περιοχή περιλαμβάνει επτά ρηχούς και έναν πολύ μεγαλύτερο ταμιευτήρα (3.800 εκτάρια), ο οποίος βρίσκεται στο νότιο άκρο της αποξηραθείσας λίμνης Κάρλας. Στους μικρούς ταμιευτήρες υπάρχει μεγάλη ποικιλία βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, ανάλογα με το βάθος τους, την ύπαρξη ή μη νησίδων και του βαθμού κάλυψης με υδρόβια βλάστηση (καλαμώνες <i>Phragmites spp.</i> , ψαθιά <i>Typha spp.</i> κλπ) κ.α. Η πλήρωση του νότιου ταμιευτήρα με νερό άρχισε το 2008. Έως τότε το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής καλυπτόταν κυρίως από λιβαδικές και χέρσες εκτάσεις, με περιορισμένης έκτασης δενδροκαλλιέργειες και μονοετείς καλλιέργειες στην περιφέρειά του. Στον ταμιευτήρα υπάρχουν διάσπαρτα σκαμμένα τμήματα, που διατηρούν νερό κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Στις αρχές της άνοιξης, καθώς και μετά από έντονες βροχοπτώσεις, ένα μεγάλο τμήμα του πλημμυρίζει και δημιουργούνται εκτεταμένα υγρολίβαδα. Παρά τις έντονες ανθρωπογενείς επεμβάσεις που ακολούθησαν την αποξήρανση της Κάρλας στις αρχές της δεκαετίας του '60, αρκετά από τα χαρακτηριστικά που έδιναν στον υγρότοπο την εξαιρετική ορνιθολογική του σημασία παραμένουν στον χώρο, έστω και σε μικρότερο βαθμό, ικανό όμως να στηρίξει πολύ σημαντικούς πληθυσμούς πουλιών. Οι κύριες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία. Ο φυσιολατρικός τουρισμός είναι μια αναπτυσσόμενη δραστηριότητα, ενώ η αλιεία, δραστηριότητα που παλιότερα στήριζε περίπου 1.000 οικογένειες στην περιοχή, έχει εκλείψει από τότε που αποξηράνθηκε η λίμνη.		
<b>Ενδαιιτήματα:</b>	Τεχνητά τοπία (99,4 %), Θαμνώνες (0,6 %)		
<b>Ορνιθοπανίδα:</b>	Ορνιθοπανίδα Περιοχή μεγάλης σημασίας για τα μεταναστευτικά, τα διαχειμάζοντα και τα αναπαραγόμενα υδρόβια, παρυδάτια, αρπακτικά και είδη των ανοιχτών εκτάσεων. Εκτός των ορίων της περιοχής υπάρχουν αποικίες ερωδιών ( <i>Nycticorax nycticorax</i> , <i>Ardeola ralloides</i> , <i>Egretta garzetta</i> , <i>Ardea cinerea</i> ) και σημαντικός αριθμός <i>Ciconia ciconia</i> που τρέφονται στους ταμιευτήρες και στα κανάλια της περιοχής. Στους ταμιευτήρες και στις λιβαδικές εκτάσεις, εντός του μεγάλου ταμιευτήρα και γύρω από αυτόν, τρέφονται σημαντικοί πληθυσμοί <i>Ciconia nigra</i> , <i>Aquila pomarina</i> και <i>Buteo rufinus</i> , που αναπαράγονται στο Μαυροβούνι, το Πήλιο και τις γύρω ημιορεινές περιοχές. Άλλα είδη με σημαντικό πληθυσμό στην περιοχή είναι τα <i>Cygnus cygnus</i> (W), <i>Tadorna tadorna</i> (W), <i>Anas penelope</i> (W), <i>Aythya ferina</i> (W), <i>Ciconia ciconia</i> (P), <i>Egretta garzetta</i> (P), <i>Fulica atra</i> (W) και <i>Tringa erythropus</i> (P). Η σταδιακή πλήρωση του νότιου ταμιευτήρα της Κάρλας με νερό και οι αναμενόμενες έντονες εποχιακές αυξομειώσεις της στάθμης του θα αλλάξουν ριζικά την κατάσταση των υγροτοπικών ενδαιιτημάτων και, κατά		



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλκερ - Λάρισα»



συνέπεια, τα είδη και τους πληθυσμούς που θα αναπαράγονται, θα διαχειμάζουν και θα χρησιμοποιούν πλέον την περιοχή κατά τις μεταναστευτικές περιόδους. Τα πρώτα στοιχεία που συλλέχθηκαν το 2009 δείχνουν ότι αυξήθηκαν ο αριθμός και οι πληθυσμοί των αναπαραγόμενων ερωδιών (επτά είδη), παπιών (επτά είδη), παρυδάτιων (ειδικά του *Himantopus himantopus*), όπως και άλλων απειλούμενων ειδών με πολύ περιορισμένο πληθυσμό και αριθμό αποικιών στην Ελλάδα, όπως τα *Platalea leucorodia*, *Plegadis falcinellus*, *Sterna nilotica* κ.α. Πριν την αποξήρανσή της η λίμνη Κάρλα ήταν ίσως ο σημαντικότερος υγρότοπος της χώρας με καταμετρημένα 430.000 υδρόβια πουλιά το 1964, τελευταίο χειμώνα πριν την αποξήρανσή της.

Είδος	Έτος	Καθεστώς παρουσίας	Αφθονία	Ελάχιστος πληθυσμός	Μέγιστος πληθυσμός	Μονάδα μέτρησης	Ακρίβεια δεδομένων	Κριτήρια 2000
<i>Anas crecca</i> (Κικίρι)	1996	W	-	0	11000	I	B	B1i, C3
<i>Aythya nyroca</i> (Βαλτόπαπια)	1996	B	-	0	5	P	B	-
<i>Aythya nyroca</i> (Βαλτόπαπια)	1996	P	-	40	0	I	B	A1, C1
<i>Tachybaptus ruficollis</i> (Νανοβουτηχτάρι)	1996	R	A	-	-	-	A	-
<i>Podiceps cristatus</i> (Σκουφοβουτηχτάρι)	1996	R	C	-	-	-	A	-
<i>Ixobrychus minutus</i> (Μικροτσικνιάς)	1996	B	F	-	-	-	B	-
<i>Ardea purpurea</i> (Πορφυροτσικνιάς)	1996	B	U	-	-	-	B	-
<i>Ardea alba</i> (Αργυροτσικνιάς)	1996	W	-	0	220	I	B	A4i, B1i, C2
<i>Falco naumanni</i> (Κικινέζι)	1996	Non-B	A	-	-	-	B	A1, C1
<i>Falco vespertinus</i> (Μαυροκικινέζο)	1996	P	F	-	-	-	B	-
<i>Circus aeruginosus</i> (Καλαμόκιρκος)	1996	B	F	-	-	-	B	-
<i>Circus macrourus</i> (Στεπόκιρκος)	1994	P	F	-	-	-	B	-
<i>Clanga clanga</i> (Στικταετός)	1995	W	U	-	-	-	B	-
<i>Burhinus oedicephalus</i> (Πετροτριλίδα)	1994	B	U	-	-	-	B	-
<i>Himantopus himantopus</i> (Καλαμοκανάς)	1996	B	-	0	20	P	B	-



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλκίς - Λάρισα»



<i>Gallinago media</i> (Διπλομπεκάτσινο)	1993	P	-	0	2	I	B	-
<i>Limosa limosa</i> (Λιμόζα)	1996	P	-	0	8	I	B	-
<i>Numenius arquata</i> (Τουρλίδα)	1995	P	-	0	4	I	B	-
<i>Glareola pratincola</i> (Νεροχελίδονο)	1994	B	-	5	25	P	B	-
<i>Melanocorypha calandra</i> (Γαλιάντρα)	1996	B	F	-	-	-	B	-
<i>Ardea cinerea</i> (Σταχτοτσικνιάς)	2014	B	-	19	19	P	A	-
<i>Egretta garzetta</i> (Λευκοτσικνιάς)	2014	B	-	50	50	P	A	-
<i>Falco naumanni</i> (Κιρκινέζι)	2013-2016	B	-	16	20	P	A	-
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Νυχτοκόρακας)	2014	B	-	70	70	P	A	-
<i>Pelecanus crispus</i> (Αργυροπελεκάνος)	2013-2017	B	-	22	445	P	A	-
<i>Pelecanus onocrotalus</i> (Ροδοπελεκάνος)	2013-2017	B	-	0	130	P	A	-
<b>Καθεστώς προστασίας:</b>	- ΖΕΠ: GR1420006 Όρος Μαυροβούνι (36.332 ha, 2 %) - ΤΚΣ: GR1420004 Κάρλα - Μαυροβούνιο - Κεφαλόβρυσο Βελεστίνου - Νεοχώρι (43.436 ha, 9 %)							
<b>Θέματα διατήρησης:</b>	Οι απειλές προέρχονται από την εντατικοποίηση της γεωργίας γύρω από τους ταμιευτήρες, την αποξήρανση, την υδροληψία των υπόγειων και των επιφανειακών υδάτων, τη λαθροθηρία, το κυνήγι καθώς και την όχληση και καταστροφή φωλιών από τη βόσκηση κατά την αναπαραγωγική περίοδο. Οι διακυμάνσεις της στάθμης του νερού των ταμιευτήρων επηρεάζουν την αναπαραγωγική προσπάθεια πολλών υδρόβιων πτηνών που φωλιάζουν σε νησίδες και στην υπερυδατική βλάστηση. Η δημιουργία του νέου μεγάλου ταμιευτήρα έχει αλλάξει σε σημαντικό βαθμό τις συνθήκες στην περιοχή, αφού αφενός έχει προσθέσει πολύ σημαντικές υδάτινες επιφάνειες στο μωσαϊκό των βιοτόπων της, αφετέρου όμως έχει καταλάβει λιβαδικές εκτάσεις και βοσκοτόπους που τις τελευταίες δεκαετίες χρησιμοποιούνταν από σημαντικούς πληθυσμούς πουλιών των αγροτικών οικοσυστημάτων. Ο βαθμός πλήρωσης του ταμιευτήρα, το βάθος του και το εύρος των εποχικών αυξομειώσεων της στάθμης του θα είναι καθοριστικοί παράγοντες για τη σύνθεση των ειδών της περιοχής. Θεωρείται απαραίτητη η συμπλήρωση του οικοσυστήματος του νέου ταμιευτήρα με κατάλληλες τεχνητές νησίδες, παρόχθιες, υπερυδατικές και υγρολιβαδικές διαπλάσεις, προκειμένου να αποκατασταθεί σε αξιόλογο βαθμό το ορνιθολογικό δυναμικό του τόπου. Εξάλλου, η δημιουργία του συγκεκριμένου ταμιευτήρα χρηματοδοτήθηκε ως έργο αποκατάστασης υγροτόπου. Στην περιοχή λειτουργεί από το 2003 ο Φορέας Διαχείρισης Κάρλας - Μαυροβουνίου.							



#### Παράρτημα 4. Χαρακτηριστικά της ΣΠΠ με κωδικό GR060 - Όρος Μαυροβούνι Λάρισας

<b>Περιοχή:</b>	GR060 - Όρος Μαυροβούνι Λάρισας Συντεταγμένες: 39° 33' 21.865" N, 22° 50' 24.687" E Υψόμετρο: 0-834 m / Έκταση: 15699 ha Περιφέρεια: Θεσσαλίας Νομός: Μαγνησίας, Λάρισας		<b>Κριτήρια:</b>	A1, A3, B2, B3, C1, C2, C6				
<b>Περιγραφή:</b>	Ομαλό βουνό στα ανατολικά όρια του Θεσσαλικού κάμπου και της λίμνης Κάρλας, μεταξύ της Όσσας και του Πηλίου. Οι βόρειες πλαγιές είναι πυκνά δασωμένες, οι νοτιοδυτικές καλύπτονται από θαμνώνες, ενώ οι δυτικές είναι βραχώδεις και απότομες και στα ψηλότερα τμήματά τους κυριαρχούν ώριμα δάση δρυός και οξιάς. Ανατολικά, οι πλαγιές του ορεινού όγκου είναι καλυμμένες με μακί και καταλήγουν στη θάλασσα. Το βουνό διασχίζεται από σχετικά μικρά φαράγγια με κατεύθυνση από δυτικά προς τα ανατολικά, που δημιουργούν κατάλληλο βιότοπο φωλιάσματος για αρκετά είδη πουλιών. Η αξία της περιοχής για την орνιθοπανίδα σχετίζεται άμεσα με τη μωσαϊκότητα των βιοτόπων της αλλά και με τη γειτνίασή της με τη Θεσσαλική πεδιάδα, ιδίως με την περιοχή της πρώην λίμνης Κάρλας και των ταμιευτήρων της. Οι δύο περιοχές λειτουργούν σαν μία ενιαία οικολογική ενότητα, ιδίως για τα μεγάλα αρπακτικά και τα <i>Ciconia nigra</i> , που φωλιάζουν στο βουνό και τρέφονται στην πεδινή - υγροτοπική ζώνη.							
<b>Ενδιαιτήματα:</b>	Θαμνώνες (46,2 %), Δάση (32,5 %), Λιβάδια/Βοσκότοποι (10,7 %), Τεχνητά τοπία (9,4 %), Βραχώδεις περιοχές (0,8 %), Θάλασσα (0,4 %).							
<b>Ορνιθοπανίδα:</b>	Η περιοχή είναι σημαντική για επιδημητικά αρπακτικά και δασικά είδη. Στα αναπαραγόμενα είδη περιλαμβάνονται εννέα από τα 21 είδη που στην Ευρώπη περιορίζονται στη Μεσογειακή μεγαδιάπλαση.							
<b>Είδος</b>	<b>Έτος</b>	<b>Καθεστώς παρουσίας</b>	<b>Αφθονία</b>	<b>Ελάχιστος πληθυσμός</b>	<b>Μέγιστος πληθυσμός</b>	<b>Μονάδα μέτρησης</b>	<b>Ακρίβεια δεδομένων</b>	<b>Κριτήρια 2000</b>
<i>Alectoris graeca</i> (Πετροπέρδικα)	1995	R	-	20	50	P	C	A3
<i>Ciconia nigra</i> (Μαυροπελαργός)	2003	B	-	2	3	P	A	-
<i>Falco naumanni</i> (Κιρκινέζι)	2003	non-B	A	-	-	-	A	A1, C1



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



<i>Falco vespertinus</i> (Μαυροκιρκίνεζο)	1995	P	A	-	-	-	B	-
<i>Falco eleonora</i> (Μαυροπετρίτης)	1995	P	-	50	200	I	B	-
<i>Falco biarmicus</i> (Χρυσογέρακο)	2003	R	-	2	3	P	A	B2, C6
<i>Falco peregrinus</i> (Πετρίτης)	2003	R	-	1	3	P	B	-
<i>Pernis apivorus</i> (Σφηκιάρης)	1998	B	-	9	14	P	B	-
<i>Neophron percnopterus</i> (Ασπροπάρης)	2003	B	-	0	1	P	C	-
<i>Circus gallicus</i> (Φιδαιτός)	2003	B	-	8	11	P	A	-
<i>Circus macrourus</i> (Στεπόκιρκος)	1995	P	F	-	-	-	B	-
<i>Accipiter brevipes</i> (Σαΐνι)	1998	B	-	5	13	P	B	B2
<i>Buteo rufinus</i> (Αετογερακίνα)	2003	B	-	7	8	P	A	B2, C6
<i>Clanga pomarina</i> (Κραυγαετός)	2003	B	-	2	4	P	B	C6
<i>Clanga clanga</i> (Στικταετός)	1998	W	-	0	3	I	C	-
<i>Aquila heliaca</i> (Βασιλαετός)	1998	P	-	1	2	I	C	-
<i>Aquila chrysaetos</i> (Χρυσαιετός)	2003	R	-	1	1	P	A	-
<i>Hieraetus pennatus</i> (Σταυραετός)	1998	B	-	0	1	P	C	B2, C6
<i>Coracias garrulus</i> (Χαλκοκουρούνα)	1995	B	-	3	10	P	B	-
<i>Leiorchus medius</i> (Μεσαίος δρυοκολάπτης)	1995	R	-	50	100	P	B	B3, C6
<i>Dendrocopos leucotos</i> (Λευκονώτης)	1995	R	-	10	30	P	C	C2
<i>Lanius collurio</i> (Αετομάχος)	1995	B	-	100	300	P	B	B2, C6
<i>Lanius senator</i> (Κοκκινοκεφαλός)	1995	B	-	100	300	P	B	B2



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλκερ - Λάρισα»



<i>Lanius nubicus</i> (Παρδαλοκεφαλός)	1995	B	-	5	10	P	B	A3, B2
<i>Lullula arborea</i> (Δεντροσταρήθρα)	1995	R	-	50	100	P	B	-
<i>Hippolais olivetorum</i> (Λιοστριτίδα)	1995	B	-	20	50	P	B	A3, C6
<i>Sylvia crassirostris</i> (Δεντροτσιροβάκος)	1995	B	-	50	100	P	B	B2
<i>Sylvia melanocephala</i> (Μαυροτσιροβάκος)	1995	R	C	-	-	-	B	A3
<i>Sylvia cantillans</i> (Μαυροφτέρι)	1995	B	A	-	-	-	B	A3
<i>Sitta neumayer</i> (Βραχοσοπανάκος)	1995	R	F	-	-	-	B	A3
<i>Oenanthe hispanica</i> (Ασπροκωλίνα)	1995	B	C	-	-	-	B	A3
<i>Ficedula semitorquata</i> (Πατσαλομαντού)	1995	B	U	-	-	-	C	-
<i>Emberiza caesia</i> (Φρυγανοτσίχλονο)	1998	B	P	-	-	-	C	A3
<i>Emberiza melanocephala</i> (Αμπελουργός)	1995	B	A	-	-	-	B	A3
<b>Καθεστώς προστασίας:</b>	- ΖΕΠ: GR1420006 Όρος Μαυροβούνι (36.332 ha, 97 %) - ΤΚΣ: GR1420004 Κάρλα - Μαυροβούνι - Κεφαλόβρυσο Βελεστίνου - Νεοχώρι (43.436 ha, 97 %)							
<b>Θέματα διατήρησης:</b>	Στις απειλές που αντιμετωπίζει η орνιθοπανίδα της περιοχής περιλαμβάνονται η εντατική δασική διαχείριση, η εντατικοποίηση της γεωργίας και η χρήση φυτοφαρμάκων, η λαθροθηρία, καθώς και η διάνοιξη δρόμων. Ιδιαίτερη σημασία έχουν για την орνιθοπανίδα της περιοχής παρεμβάσεις και αναπτυξιακά έργα που λαμβάνουν χώρα στη γειτονική παρακάρλια ζώνη. Από το 2003 λειτουργεί ο Φορέας Διαχείρισης της Περιοχής Οικοανάπτυξης Κάρλας - Μαυροβουνίου - Κεφαλόβρυσου Βελεστίνου. Η ενεργοποίηση του Φορέα Διαχείρισης σε θέματα προστασίας της орнιθοπανίδας της ευρύτερης περιοχής εκτιμάται ότι θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της κατάστασης διατήρησης των ειδών προτεραιότητας της περιοχής. Η επαναδημιουργία της τέως λίμνης Κάρλας στα όρια της περιοχής, όπως και η κατασκευή υδατοσυλλογών για αμφίβια που δημιουργήθηκαν μέσα στη ζώνη της οξιάς της περιοχής Μαυροβουνίου μέσα από πρόγραμμα LIFE που υλοποιήθηκε από το ΕΘΙΑΓΕ και την Ορνιθολογική στις αρχές της δεκαετίας του 2000, έχει συμβάλει στην αύξηση της διαθεσιμότητας τροφής ειδών προτεραιότητας, όπως το <i>Ciconia nigra</i> και το <i>Aquila pomarina</i> .							

Πηγή: <https://www.ornithologiki.gr/el/oi-draseis-mas/diatisiri-erevna/simantikes-perioxes-gia-ta-poulia-tis-elladas/xartis-perioxon/GR060>



Ιωάννης Παρθενόπουλος  
«Χαρτογράφηση των Φωτοβολταϊκών Πάρκων και  
Καταγραφή των Επιπτώσεων στα Οικοσυστήματα: Μελέτη  
Περίπτωσης στο Δήμο Κιλελέρ - Λάρισα»



**Παράρτημα 5. Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων μετρικών τοπίου στο Δήμο Κιλελέρ για τις τρεις περιπτώσεις (Π1, Π2, Π3).**

Κ	Land Cover (m <sup>2</sup> )			Landscape Proportion			Number of Patches			Patch Density (no/100 m <sup>2</sup> )			Total Core Area (m <sup>2</sup> )			Like Adjacencies			Effective Meshsize (m <sup>2</sup> )		
	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3	Π1	Π2	Π3
1	0	66410000	71950000	0	6,81%	7,38%	0	246	456	0	2,52401E-07	4,67855E-07	0	24060000	24800000	0	61,48%	57,42%	0	350761,4093	363506,1457
2	19490000	19490000	19450000	2,00%	2,00%	2,00%	38	38	38	3,89984E-08	3,89888E-08	3,8988E-08	6880000	6880000	6860000	67,19%	67,19%	67,10%	15910,81691	15906,89896	15870,66259
3	8110000	8110000	7940000	0,83%	0,83%	0,81%	11	11	12	1,1289E-08	1,12862E-08	1,2312E-08	2710000	2710000	2570000	66,36%	66,36%	65,33%	11356,01396	11353,2176	10760,26512
4	5570000	5550000	5500000	0,57%	0,57%	0,56%	9	9	11	9,23645E-09	9,23418E-09	1,1286E-08	0	0	0	33,49%	33,33%	33,01%	19226,90887	19046,10933	9615,660846
6	2770000	2770000	2770000	0,28%	0,28%	0,28%	1	1	1	1,02627E-09	1,02602E-09	1,026E-09	1680000	1680000	1680000	80,46%	80,46%	80,46%	7874,486864	7872,547813	7872,386268
9	810000	810000	810000	0,08%	0,08%	0,08%	8	8	8	8,21018E-09	8,20816E-09	8,20799E-09	0	0	0	27,06%	27,06%	27,06%	114,634647	114,6064188	114,6040671
12	441870000	382610000	379610000	45,35%	39,26%	38,95%	14	96	97	1,43678E-08	9,84979E-08	9,95219E-08	390460000	288790000	278620000	94,05%	87,55%	86,77%	191243518,6	143617987,7	141503381,8
13	387630000	386830000	384660000	39,78%	39,69%	39,47%	7	7	7	7,18391E-09	7,18214E-09	7,18199E-09	344540000	342010000	330690000	94,42%	94,21%	93,39%	129388631,3	128872595,3	127471977,1
16	430000	430000	430000	0,04%	0,04%	0,04%	2	2	2	2,05255E-09	2,05204E-09	2,052E-09	20000	20000	20000	48,28%	48,28%	48,28%	181,13711	181,092506	181,0887899
18	5320000	5110000	5100000	0,55%	0,52%	0,52%	12	12	12	1,23153E-08	1,23122E-08	1,2312E-08	970000	890000	830000	58,92%	57,72%	57,41%	2953,817734	2775,486333	2754,396405
20	11410000	10890000	10880000	1,17%	1,12%	1,12%	11	10	10	1,1289E-08	1,02602E-08	1,026E-08	5180000	4910000	4850000	71,90%	72,38%	72,22%	25655,68555	25123,22499	25077,66811
26	31560000	26860000	26800000	3,24%	2,76%	2,75%	39	56	56	4,00246E-08	5,74571E-08	5,74559E-08	12720000	9890000	9810000	68,70%	64,89%	64,77%	76947,24959	59394,64828	58880,2249
28	49860000	49200000	49200000	5,12%	5,05%	5,05%	10	9	9	1,02627E-08	9,23418E-09	9,23399E-09	35430000	35180000	35180000	84,96%	85,15%	85,15%	1502136,494	1496558,935	1496528,225
30	1220000	1220000	1210000	0,13%	0,13%	0,12%	3	3	3	3,07882E-09	3,07806E-09	3,078E-09	0	0	0	28,76%	28,76%	28,38%	524,4252874	524,2961504	516,385201
35	230000	230000	230000	0,02%	0,02%	0,02%	1	1	1	1,02627E-09	1,02602E-09	1,026E-09	10000	10000	10000	41,54%	41,54%	41,54%	54,28981938	54,27645079	54,27533704
40	810000	810000	810000	0,08%	0,08%	0,08%	7	7	7	7,18391E-09	7,18214E-09	7,18199E-09	0	0	0	27,56%	27,56%	27,56%	194,8891626	194,8411721	194,837174
41	7310000	7310000	7310000	0,75%	0,75%	0,75%	7	7	7	7,18391E-09	7,18214E-09	7,18199E-09	3870000	3870000	3870000	75,93%	75,93%	75,93%	14715,61987	14711,99622	14711,69433