

# Εταιρία Προστασίας Πρεσπών

**Πρόταση για περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης ΑΣΠΗΕ  
λόγω συχνών πτήσεων αργυροπελεκάνων *Pelecanus crispus*  
στη Βόρεια Ελλάδα (2<sup>η</sup> έκδοση)**



**Λαιμός Πρεσπών, Οκτώβριος 2025**

Συντάκτες: Φωτεινή Παπανούση (ανάλυση, συγγραφή), Όλγα Αλεξάνδρου (ορνιθολογία, συγγραφή) & Γιώργος Κατσαδωράκης (ανάλυση, ορνιθολογία, συγγραφή)

Χαρτογραφική εργασία και ΓΣΠ: Φ. Παπανούση

Προτεινόμενη βιβλιογραφική αναφορά: Παπανούση, Φ., Αλεξάνδρου, Ό. & Κατσαδωράκης, Γ. 2025. Πρόταση για περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης ΑΣΠΗΕ λόγω συχνών πτήσεων αργυροπελεκάνων *Pelecanus crispus* στη Βόρεια Ελλάδα (2<sup>η</sup> έκδοση, Οκτώβριος 2025). Εταιρία Προστασίας Πρεσπών, Λαιμός Πρεσπών.

## Πρόταση για περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης ΑΣΠΗΕ λόγω συχνών πτήσεων αργυροπελεκάνων *Pelecanus crispus* στη Βόρεια Ελλάδα (2<sup>η</sup> έκδοση)

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα πρόταση αποτελεί συνέχεια και εξέλιξη της εργασίας «Πρόταση για περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης αιολικών πάρκων και μεμονωμένων ανεμογεννητριών λόγω συχνών πτήσεων αργυροπελεκάνων *Pelecanus crispus* στη Δυτική και Κεντρική Μακεδονία, Ελλάδα», Μάρτιος 2022 (Παπανούση κ.α. 2022). Η ανάλυση του 2022 βασίστηκε σε 518.378 στίγματα τα οποία προήλθαν από 24 πομπούς, τοποθετημένους σε ισάριθμα άτομα αργυροπελεκάνου και οδήγησε στον προσδιορισμό προτεινόμενων ζωνών αποκλεισμού συνολικής έκτασης 948 km<sup>2</sup> που παρουσιάζονται στην Εικόνα 1. Με σκοπό την λεπτομερέστερη ανάλυση και την ακριβέστερη οριοθέτηση των περιοχών μετακίνησης των πελεκάνων, η Εταιρία Προστασίας Πρεσπών (ΕΠΠ) συνέχισε το πρόγραμμα παρακολούθησης, όπως περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια.



Εικόνα 1: Οι προτεινόμενες περιοχές αποκλεισμού κατασκευής ΑΣΠΗΕ λόγω συχνής διάβασης πελεκάνων – αρχική έκδοση (Παπανούση κ.α. 2022).

Από το 1991 η ΕΠΠ αφιερώνει ένα μεγάλο μέρος των προσπαθειών της στην εξασφάλιση της διατήρησης υγιών πληθυσμών των δυο ειδών πελεκάνου που αναπαράγονται στην περιοχή της Πρέσπας και γενικότερα στην Ελλάδα και την Ευρώπη. Για τον σκοπό αυτό εφαρμόζει προγράμματα επιστημονικής έρευνας, παρακολούθησης και ενεργής διαχείρισης τόσο στην περιοχή όσο και εκτός αυτής. Στο πλαίσιο αυτών των προσπαθειών η ΕΠΠ από το 2012 έως το 2020 εκπόνησε πρόγραμμα παρακολούθησης των μετακινήσεων και της δραστηριότητας 24 ατόμων αργυροπελεκάνου μέσω δορυφορικής τηλεμετρίας (πομπών).

Σκοπός του προγράμματος ήταν η μελέτη των μετακινήσεων των αργυροπελεκάνων εντός και εκτός της λεκάνης των Πρεσπών. Στους επιμέρους στόχους περιλήφθηκε η μελέτη της χρήσης και άλλων υγρότοπων ως τόπων διατροφής και αναπαραγωγής, η καταγραφή των προτιμώμενων διαδρομών κίνησης και ο εντοπισμός των υγρότοπων-σταθμών κατά τη μετανάστευση, αλλά και των υγρότοπων που επιλέγονται για τη διαχείμαση του είδους.

Στο τέλος του ανωτέρω προγράμματος είχαν συλλεχθεί 518.378 στίγματα πομπών, τα οποία κατανέμονταν εντός των συνόρων Ελλάδας, Αλβανίας, Βόρειας Μακεδονίας, Βουλγαρίας, Ρουμανίας και Τουρκίας.

Στις αρχές του έτους 2023 η ΕΠΠ ξεκίνησε νέο πρόγραμμα παρακολούθησης των μετακινήσεων των ατόμων του αργυροπελεκάνου με τοποθετήσεις νέων πομπών. Από τον Ιανουάριο του 2023 έως τον Απρίλιο του 2025 τοποθετήθηκαν νέοι πομποί σε 46 άτομα.

Στην παρακάτω ανάλυση χρησιμοποιούνται τα δεδομένα 2012-2020, καθώς και τα δεδομένα των νέων πομπών έως τις 30/04/2025. Τα συνολικά διαθέσιμα στίγματα τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας ανάλυσης ανέρχονται σε 1.616.678 (Εικ. 2)



Εικόνα 2: Σύνολο διαθέσιμων δεδομένων – GPS στίγματα πελεκάνων.

Από τις άμεσες παρατηρήσεις και των δυο ειδών πελεκάνου που πετούν από τον ένα υγρότοπο στον άλλο, αλλά και από την επεξεργασία των δεδομένων των πομπών, είχε τεκμηριωθεί ότι οι πελεκάνοι για τις μετακινήσεις τους ανάμεσα στους υγροτόπους δεν ακολουθούν τυχαίες διαδρομές αλλά σχετικά περιορισμένους σε έκταση «διαδρόμους» ή «ζώνες τακτικής διάβασης» (βλέπε και Newton 2008). Αυτό προφανώς εξηγείται από το ότι οι πελεκάνοι εκμεταλλεύονται με διάφορους τρόπους πτήσης τις επικρατούσες συνθήκες ανεμοπορίας ώστε να μετακινούνται με ασφάλεια και με το μικρότερο ενεργειακό κόστος. Οι ειδικές αυτές συνθήκες φυσικά εξαρτώνται από τον καιρό, την ηλιοφάνεια, τους ανέμους, τη βλάστηση και το ανάγλυφο της γης και είναι ευνοϊκές σε



ορισμένα σημεία ενώ σε άλλα όχι, ενώ μεταβάλλονται και εποχικά ανάλογα με την ημέρα και την ώρα.

Τα τελευταία 25 χρόνια πολλοί Αιολικοί Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΣΠΗΕ) έχουν κατασκευαστεί ή σχεδιάζονται μέσα, δίπλα ή κοντά σε οικολογικά σημαντικές περιοχές της Ελλάδας. Η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει καταγράψει επαρκώς τις δυνάμει αρνητικές επιπτώσεις των ΑΣΠΗΕ στα πουλιά, οι οποίες μεγεθύνονται όταν αυτοί χωροθετούνται σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα και συχνότητα μετακινήσεων προστατευόμενων ειδών πουλιών (Langston & Pullan 2003, Drewitt & Langston 2006, Gove et al. 2013). Στις περιοχές αυτές περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων και οι μοναδικές στο είδος τους «ζώνες τακτικής διάβασης πελεκάνων», οι οποίες είχαν αποτυπωθεί το 2010 στο έργο «Προσδιορισμός και χαρτογράφηση των ορνιθολογικά ευαίσθητων στα αιολικά πάρκα περιοχών της Ελλάδας» της Ελληνικής Ορνιθολογικής Εταιρείας (Δημαλέξης κ.α. 2010). Ιδιαίτερα την περίοδο μετά το 2017 υλοποιείται και σχεδιάζεται η εγκατάσταση πολλών ΑΣΠΗΕ σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας, οι οποίοι βρίσκονται επάνω σε ζώνες τακτικής διάβασης πελεκάνων αλλά το γεγονός αυτό συχνά δεν έχει ληφθεί σοβαρά υπόψη από τις σχετικές μελέτες και αδειοδοτήσεις.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να χρησιμοποιήσει τα στίγματα παρουσίας αργυροπελεκάνων που διαθέτει η ΕΠΠ για τις περιόδους 2012-2020 και 01/2023-04/2025 ώστε να προσδιορίσει, χαρτογραφήσει και οριοθετήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις ζώνες τακτικής διάβασης πελεκάνων και να προτείνει τα σημεία και τις περιοχές στις οποίες δεν θα πρέπει να λειτουργήσουν ΑΣΠΗΕ διότι θα θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα τόσο των πληθυσμών των αργυροπελεκάνων όσο και των ροδοπελεκάνων, *Pelecanus onocrotalus*, που η εμπειρία δείχνει ότι ακολουθούν ακριβώς τις ίδιες διαδρομές με τους αργυροπελεκάνους, εφόσον πάρα πολλές φορές πετούν σε μικτά σμήνη.

## ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Όπως αναφέρθηκε, σκοπός της παρούσας ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός περιοχών όπου είναι σκόπιμος για την προστασία των πελεκάνων ο αποκλεισμός χωροθέτησης αιολικών πάρκων στη Βόρεια Ελλάδα.

Συγκεκριμένα, η περιοχή που επιλέχθηκε για την εφαρμογή της ανάλυσης οριοθετείται από τα γεωγραφικά σύνορα της Ελλάδας στα Βόρεια, Ανατολικά και Δυτικά, ενώ ως όριο προς τον Νότο επιλέχθηκε ο παράλληλος 40°5' ο οποίος διέρχεται πλησίον του νότιου ορίου της φραγμολίμνης Πολυφύτου. Στην περιοχή αυτή καταγράφηκαν τα **1.320.077** από το σύνολο των **1.616.678** στιγμάτων.

Επί των στιγμάτων τα οποία περιλαμβάνονται στην προαναφερθείσα περιοχή εφαρμόστηκαν κριτήρια επιλογής / εξαίρεσης τα οποία παρατίθενται ακολούθως.

1. Παρουσία εντός ή πλησίον υγρότοπων και λοιπών υδάτινων σωμάτων.

Το κριτήριο αυτό επιλέχθηκε αφενός γιατί η παρουσία πελεκάνων εντός υγρότοπων θεωρείται δεδομένη, αφού εκεί καλύπτονται οι βασικές τους ανάγκες με σαφώς παρατεταμένη παραμονή και, αφετέρου, γιατί η κατασκευή ΑΣΠΗΕ εντός αυτών των περιοχών είναι εντελώς ασύμβατη και στις περισσότερες περιπτώσεις απαγορεύεται. Ο καθορισμός των ορίων των υγρότοπων και υδάτινων σωμάτων βασίστηκε σε ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων σε συνδυασμό με την αξιολόγηση της πυκνότητας των στιγμάτων, η οποία παρουσιάζεται διαφοροποιημένη και σαφώς ενισχυμένη σε περιοχές παρατεταμένης παραμονής και όχι απλής ολιγόλεπτης διέλευσης.

Οι υγρότοποι οι οποίοι συγκεντρώνουν πλήθος στιγμάτων στην περιοχή της ανάλυσης



περιλαμβάνουν τις λίμνες, φραγμολίμνες και λιμνία: Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα, Καστοριάς, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη, Πετρών, Βεγορίτιδα, Πολυφύτου, Δοϊράνη, Κερκίνη, Βόλβη, Κορώνεια, Αρτζάν, Βιστωνίδα, Άγρα, Δυτικού, Ισμαρίδα, Θεοδωρακίων, Σφηκιάς – Φράγμα Αλιάκμονα, Φράγμα Τριανταφυλλιάς, Νέας Αδριανής και Πεθελινού. Επίσης περιλαμβάνει τις λιμνοθάλασσες Ροδόπης – Πόρτο Λάγους, Ξηρολίμνης, Κεραμωτής, Καρατζά, Αλυκής, Έλους, σημεία ροής ποταμών και ρεμάτων (Αξιός, Στρυμόνας, Πηνειός, Λουδίας, Μογλενίτσα, Κοκκαλούς, Αγίου Νικολάου Λουτρακίου) και εκβολές και δέλτα ποταμών (Στρυμόνα, Έβρου, Γαλλικού, Αξιού, Λίσσου) και τις Αλυκές Κίτρους, καθώς και συλλογές υδάτων εντός ορυχείων. Επίσης εξαιρέθηκαν τα στίγματα που καταγράφηκαν επάνω από τη θάλασσα.

Το υποσύνολο των 1.320.077 στιγμάτων που, βάσει των παραπάνω, βρίσκεται σε περιοχή υγρότοπων ανέρχεται σε 1.281.095. Το σημαντικά μεγάλο πλήθος των στιγμάτων εντός υγροτόπων (97%) καταδεικνύει την ασύμμετρη χρονική και χωρική κατανομή όσον αφορά τις καθημερινές συνήθειες και δραστηριότητες των αργυροπελεκάνων με παρατεταμένη παρουσία εντός και περίξ των υγροτόπων.

Μετά την εξαίρεση των ανωτέρω, το πλήθος των στιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση ανέρχεται σε **38.982**.

## 2. Ύψος πτήσης.

Με βάση τις συνήθειες πρακτικές και τα χαρακτηριστικά κατασκευής των ανεμογεννητριών, θεωρήθηκε ότι σε ύψη πτήσης μεγαλύτερα των 350m η λειτουργία των ανεμογεννητριών δεν μπορεί να έχει επίπτωση τις πορείες και την ακεραιότητα των πελεκάνων. Για τον λόγο αυτόν στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα στίγματα με ύψος πτήσης 0 – 350m.

Μετά την εξαίρεση και των στιγμάτων με βάση το συγκεκριμένο κριτήριο το πλήθος των υπό ανάλυση στιγμάτων ανήλθε στα **17.514**.

Σημειώνεται ότι κατά την επιλογή αυτή εξαιρέθηκαν και τα στίγματα που για λόγους μη σωστής λειτουργίας του πομπού παρουσίασαν αρνητικό ύψος πτήσης.

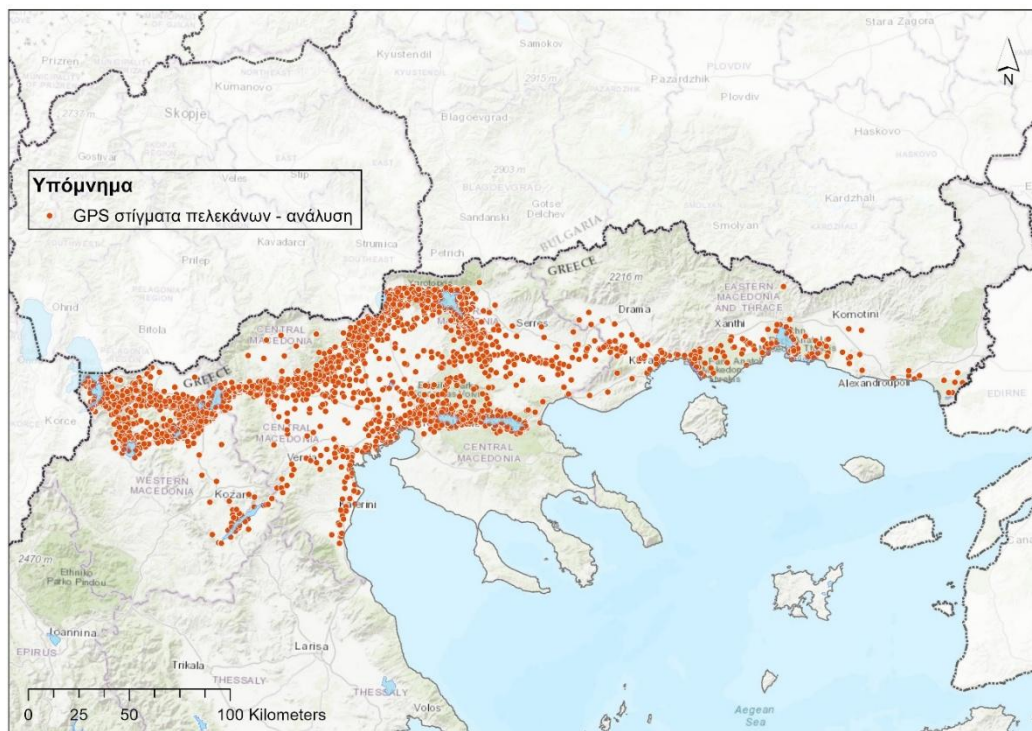
## 3. Άλλο πρόβλημα / δυσλειτουργία πομπού.

Η περίπτωση αυτή περιλαμβάνει λανθασμένη καταγραφή πολλαπλών στιγμάτων λόγω δυσλειτουργίας του πομπού ή, στην περίπτωση ενός ατόμου λόγω τραυματισμού και παραμονής στο σημείο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μετά την εξαίρεση και αυτών των στιγμάτων, το πλήθος τους έφτασε τα **12.483** στίγματα.

## 4. Ομοιογένεια στο βήμα λήψης στίγματος.

Η διαφορετική τεχνολογία των πομπών που χρησιμοποιήθηκαν από το έτος 2012 έως το 2025, καθώς και διαφορετικές ρυθμίσεις που τέθηκαν κατά τη διάρκεια τις παρακολούθησης, τις οποίες επέβαλαν στόχοι ακριβέστερης και συχνότερης αποτύπωσης τις κίνησης και παρουσίας των αργυροπελεκάνων, οδήγησαν σε διαφορετική συχνότητα λήψης στίγματος από κάποιους πομπούς ή εντός προκαθορισμένων περιοχών. Για τη διασφάλιση της ομοιογένειας του στατιστικού δείγματος επιλέχθηκαν μόνο τα στίγματα που προέκυψαν από βήμα λήψης κατ' ελάχιστο 30 λεπτών τις ώρας. Προφανώς, η διάκριση του χρονικού βήματος λήψης του στίγματος εφαρμόστηκε στο σύνολο των διαθέσιμων στιγμάτων.

Επιλέγοντας μόνο τα στίγματα που λήφθηκαν με βήμα λήψης 30 λεπτών και πάνω στο προηγούμενο υποσύνολο φτάσαμε στα **3.807** στίγματα, τα οποία ήταν αυτά που χρησιμοποιήθηκαν τελικά στην ανάλυση από το σύνολο των **1.616.678** στιγμάτων (Εικ. 3).



Εικόνα 3: GPS στίγματα πελεκάνων που λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση.

## Η ΑΝΑΛΥΣΗ HOTSPOT

Ο εντοπισμός περιοχών υψηλής συχνότητας παρουσίας (Hotspots) είναι συχνά το πρώτο βήμα για να καταλάβουμε τις διεργασίες που επηρεάζουν τις χωρικές κατανομές των οργανισμών, ώστε να τροφοδοτήσουμε με δεδομένα αποτελεσματικές δράσεις διατήρησης (Nelson & Boots, 2008). Ο όρος Hotspot πρωτοεισήχθη από τον Myers (1988). Ως Hotspots ορίζονται μικρές γεωγραφικές περιοχές (μέσα σε μια προκαθορισμένη μεγαλύτερη περιοχή) που χαρακτηρίζονται από συστηματικά υψηλές συγκεντρώσεις ατόμων ή ειδών (Harcourt 1999; Possingham & Wilson, 2005).

Ο εντοπισμός Hotspots είναι χρήσιμος σε μελέτες οργανισμών που χαρακτηρίζονται από μεγάλη κινητικότητα, όπως πολλά υδρόβια πουλιά και θαλασσοπούλια, διότι η πιθανότητα μια υψηλή συγκέντρωση που σημειώνεται τυχαία σε κάποια τοποθεσία να αντανακλά την αληθινή αφθονία τους είναι μικρή, εξαιτίας της υψηλής διακύμανσης των κατανομών τους (Santora & Veit 2013, Sussmann et al. 2019).

Ο χαρακτηρισμός κάποιας περιοχής ως Hotspot γίνεται ξεχωριστά, ανά περίπτωση, διότι τα πρότυπα κατανομών ποικίλουν ανάλογα με το είδος και την περιοχή. Έτσι, το κατώφλι που διαχωρίζει τα Hotspots από τις τοποθεσίες επίσης ποικίλλει από περίπτωση σε περίπτωση (Nelson & Boots, 2008, Sussmann et al. 2019).

Η ανάλυση για την εύρεση HotSpot εντοπίζει στατιστικά σημαντικές «θερμές περιοχές» (Hot Spots) και «ψυχρές περιοχές» (Cold Spots), με δεδομένο ένα σύνολο σταθμισμένων χαρακτηριστικών.

Ειδικά για τα δεδομένα αφθονίας (συχνότητας παρουσίας) οι αναλύσεις hotspot διενεργούνται κυρίως είτε με ποιοτικές αναλύσεις (χαρτογραφώντας την αφθονία) ή με χωρική στατιστική ή με κλασικά στατιστικά μοντέλα (Tremblay et al. 2009). Η χωρική στατιστική χρησιμοποιεί δεδομένα που έχουν συλλεχθεί σε περιοχές στόχους και γύρω από αυτές, ώστε να εντοπιστούν περιοχές εντατικής χρήσης. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS – Geographic Information Systems) αποτελούν τα κατάλληλα εργαλεία για διαχείριση, χωρική ανάλυση και απόδοση κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά το γεωγραφικό περιβάλλον.



Προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές υψηλής συγκέντρωσης των στιγμάτων, και άρα παρουσίας και πτήσης των πελεκάνων, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο για Hot Spot Analysis Getis-Ord  $G_i^*$  (Getis & Ord 1992) του ArcGIS Pro (ESRI®).

Το στατιστικό μέγεθος  $G_i^*$  είναι ένα αρκετά συχνά χρησιμοποιούμενο χωρικό εργαλείο που αναγνωρίζει κελιά μέσα στα οποία τα σημεία δεδομένων συνωστίζονται στο χώρο, εξετάζοντας κάθε κελί σε σύγκριση με τα γειτονικά του (Getis & Ord 1992; Kuletz et al. 2015, Santora et al. 2010). Το εργαλείο αυτό αναγνωρίζει διακριτές περιοχές του χώρου με τιμές δεδομένων υψηλότερες απ' ό,τι θα αναμενόταν λόγω τυχειότητας, ανεξάρτητα από την τιμή αφθονίας. Τις εντοπίζει hotspots ενώ ταυτόχρονα καταδεικνύει και τη στατιστική σημαντικότητα αυτών των hotspots (Sussmann et al. 2019, Kuletz et al. 2015; Santora et al., 2010).

### Η ΑΝΑΛΥΣΗ Getis-Ord, $G_i^*$

Η ανάλυση Getis-Ord,  $G_i^*$  συγκρίνει την τιμή μιας μεταβλητής σε κάποιο δεδομένο κελί και στα γειτονικά του με όλα τα κελιά εντός της περιοχής ανάλυσης, προκειμένου να υπολογίσει το βαθμό της ομαδοποίησης (clustering) υψηλών ή χαμηλών τιμών.

Πιο συγκεκριμένα, η ανάλυση αυτή δημιουργεί ένα νέο αρχείο όπου περιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά **Z-score**, **p-value** και **confidence level bin (Gi\_Bin)** για κάθε ένα χαρακτηριστικό που εισάγεται. Επίσης, ως πληροφορία στο νέο αρχείο εξάγεται και ο αριθμός των γειτονικών χαρακτηριστικών που λήφθηκαν υπόψη στους υπολογισμούς του κάθε χαρακτηριστικού.

Το Z-score δίνει την τιμή τις τυπικής απόκλισης. Το p-value είναι η πιθανότητα το παρατηρούμενο χωρικό μοτίβο να έχει δημιουργηθεί από κάποια τυχαία διαδικασία. Όταν δηλαδή η τιμή του p είναι πολύ μικρή σημαίνει ότι είναι πολύ απίθανο (μικρή πιθανότητα) το παρατηρούμενο χωρικό μοτίβο να είναι αποτέλεσμα τυχαίων διεργασιών. Η τιμή  $G_i^*$  προσδιορίζει στατιστικά θερμές και ψυχρές περιοχές. Ένα χαρακτηριστικό με υψηλή τιμή έχει ενδιαφέρον, αλλά μπορεί να μην είναι στατιστικά σημαντικό Hotspot. Για να είναι ένα στατιστικά σημαντικό Hotspot θα πρέπει να έχει υψηλή τιμή και να περιβάλλεται από άλλα κελιά με επίσης υψηλές τιμές. Το τοπικό άθροισμα για ένα κελί με τους γείτονές του συγκρίνεται αναλογικά με το άθροισμα όλων των κελιών. Όταν το τοπικό άθροισμα είναι πολύ διαφορετικό από το αναμενόμενο και όταν αυτή η διαφορά είναι πολύ μεγάλη για να είναι αποτέλεσμα τυχαίας πιθανότητας προκύπτει μία στατιστικά σημαντική τιμή z-score. Με βάση την ανάλυση Getis-Ord  $G_i^*$ , η ανίχνευση των περιοχών των χωρικών προτύπων υψηλών ή χαμηλών τιμών υπολογίζεται βάσει του δείκτη  $G_i^*$  για κάθε χαρακτηριστικό  $i$ , φαίνεται στην επόμενη σχέση:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left( \sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1}}}$$

όπου  $x_j$  είναι η τιμή του στοιχείου  $j$ ,  $w_{ij}$  είναι το βάρος μεταξύ των χαρακτηριστικών  $i$  και



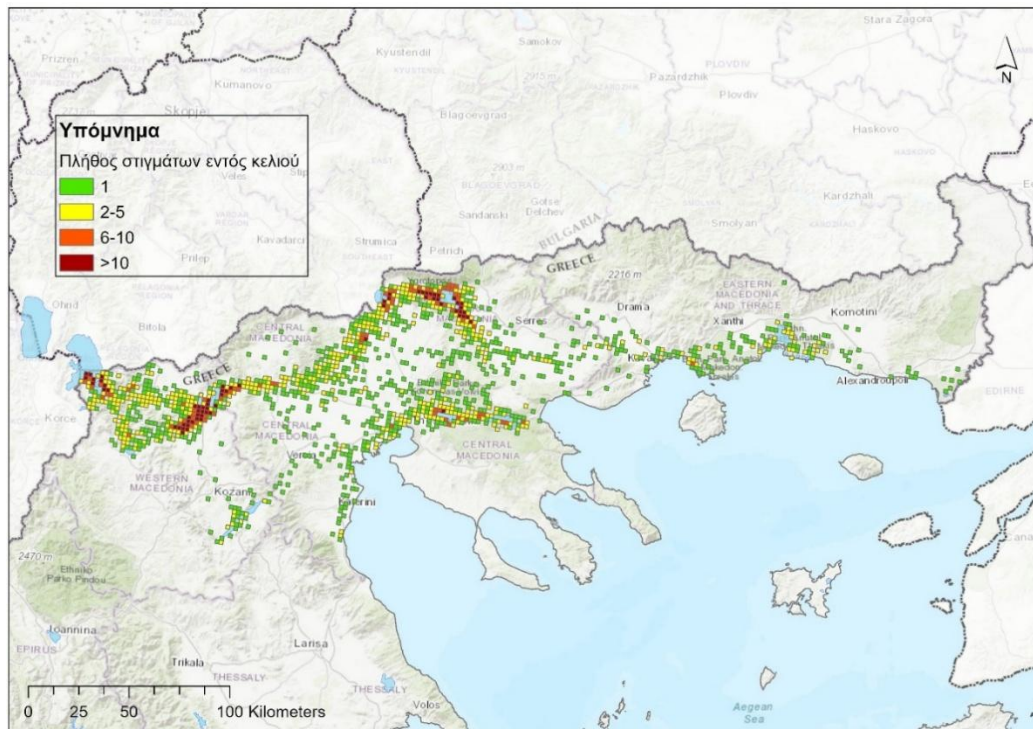
$j$ , η το πλήθος των παρατηρήσεων,  $\bar{x}$  είναι ο μέσος τις μεταβλητής και  $s$  η τυπική απόκλιση:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n}$$
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

Σημαντικό στοιχείο που πρέπει να καθοριστεί πριν την εφαρμογή του εργαλείου αποτελεί η επιλογή της σχέσης χωρικής συγγένειας (Conceptualization of Spatial Relationship) μεταξύ των κελιών που αναλύονται. Στην παρούσα ανάλυση θεωρήθηκε ότι βέλτιστη επιλογή αποτελεί η Ανάστροφη Απόσταση (Inverse Distance), με την οποία οι γειτονικές οντότητες του κελιού που εξετάζεται κάθε φορά έχουν μεγαλύτερη επιρροή στους υπολογισμούς από ότι τα απομακρυσμένα. Δηλαδή με τη χρήση της ανάστροφης απόστασης η επιρροή ενός σημείου σε ένα άλλο φθίνει όσο πιο μακριά βρίσκεται από αυτό. Πιο λεπτομερή αναφορά στη μέθοδο μπορεί να βρει ο αναγνώστης στις παρακάτω επιστημονικές δημοσιεύσεις: Ord & Getis 1995, Mitchell 2005 και Scott & Warmerdam 2005.

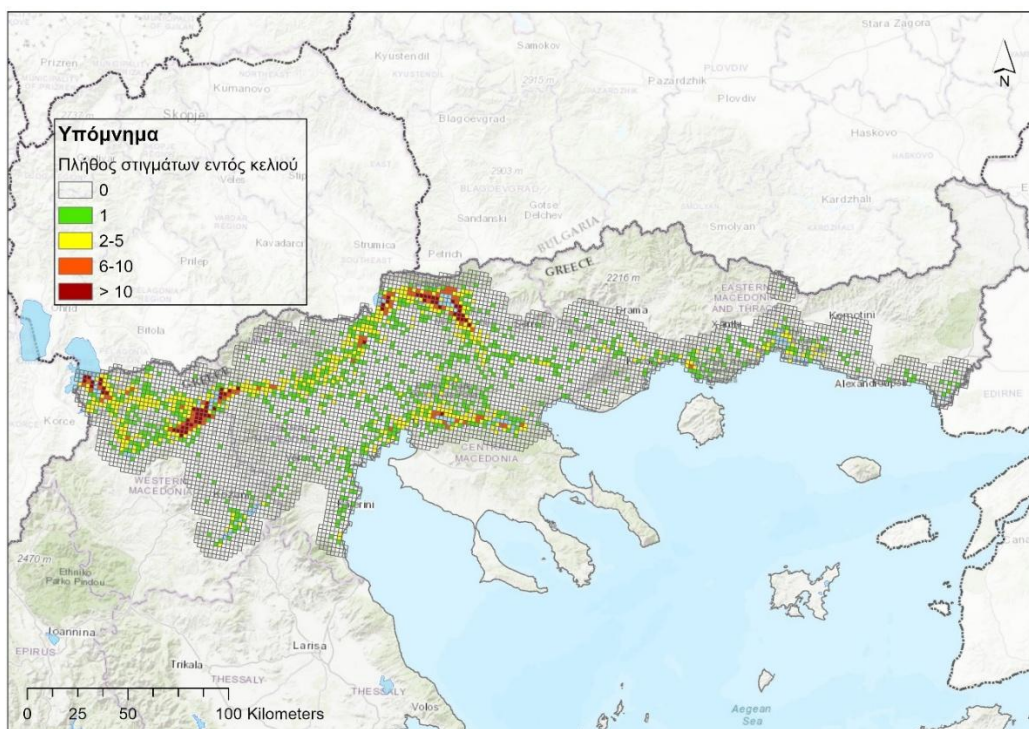
#### ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αφού επιλέχθηκε η μέθοδος υπολογισμού των στατιστικά σημαντικών θερμών και ψυχρών περιοχών, επόμενο βήμα αποτέλεσε η επιλογή των κελιών επί των οποίων θα γίνει η ανάλυση. Θεωρήθηκε ότι ένα κελί 2kmx2km αποτελεί μία επιφάνεια όπου η πυκνότητα των σημείων έχει στατιστική αξία. Έτσι λοιπόν χρησιμοποιήθηκε το Ευρωπαϊκό Πλέγμα Αναφοράς ΕΕΑ (European Environment Agency reference grid) 10kmx10km, το οποίο τροποποιήθηκε ώστε να προκύψουν κελιά διαστάσεων 2kmx2km. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε το πλήθος των στιγμάτων που πέφτουν σε κάθε κελί. Τα κελιά με στίγματα  $\geq 1$  είναι 1.330 (Εικ. 4). Χρησιμοποιήσαμε το πλέγμα 2x2 km<sup>2</sup> που καλύπτει τις περιοχές Δυτικής, Κεντρικής και Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Επιλέξαμε την κλίμακα αυτή διότι τα hotspots πιθανότατα θα συνέπιπταν με σημεία χρήσης θερμικών ρευμάτων αέρα και τα 2km είναι η ελάχιστη ασφαλής διάμετρος βάσης με την οποία ένα τέτοιο σημείο προσδιορίζεται με ασφάλεια σε ένα χάρτη.



Εικόνα 4: Κελιά πλέγματος 2kmx2km εντός των οποίων καταγράφηκε έστω και ένα στίγμα GPS.

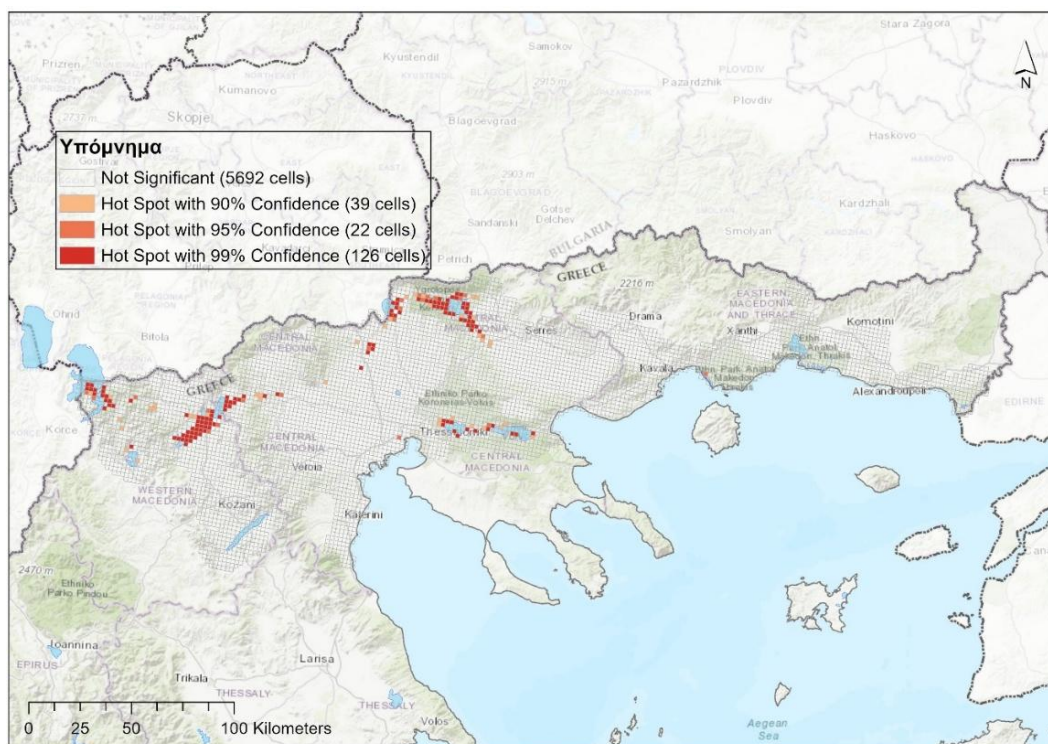
Στη συνέχεια δημιουργήθηκε buffer zone 5km γύρω από αυτά τα κελιά. Το τελικό πλέγμα που χρησιμοποιήθηκε στην ανάλυσή μας προέκυψε από την τομή όλων των κελιών 2kmx2km (ανεξαρτήτως παρουσίας στίγματος) που βρίσκονται εντός της ηπειρωτικής Ελλάδας με την επιφάνεια αυτή, με την προσθήκη και κάποιων κελιών που αν και απέχουν μεγαλύτερη απόσταση των 5km από τα κελιά αναφοράς εντούτοις περιλαμβάνονται από κελιά που εισάγονται στην ανάλυση. Το πλέγμα που προέκυψε αποτελείται από 5.879 κελιά 2kmx2km. (Εικ.5).



Εικόνα 5: Κελιά πλέγματος 2kmx2km που ελήφθησαν υπόψη στην ανάλυση.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

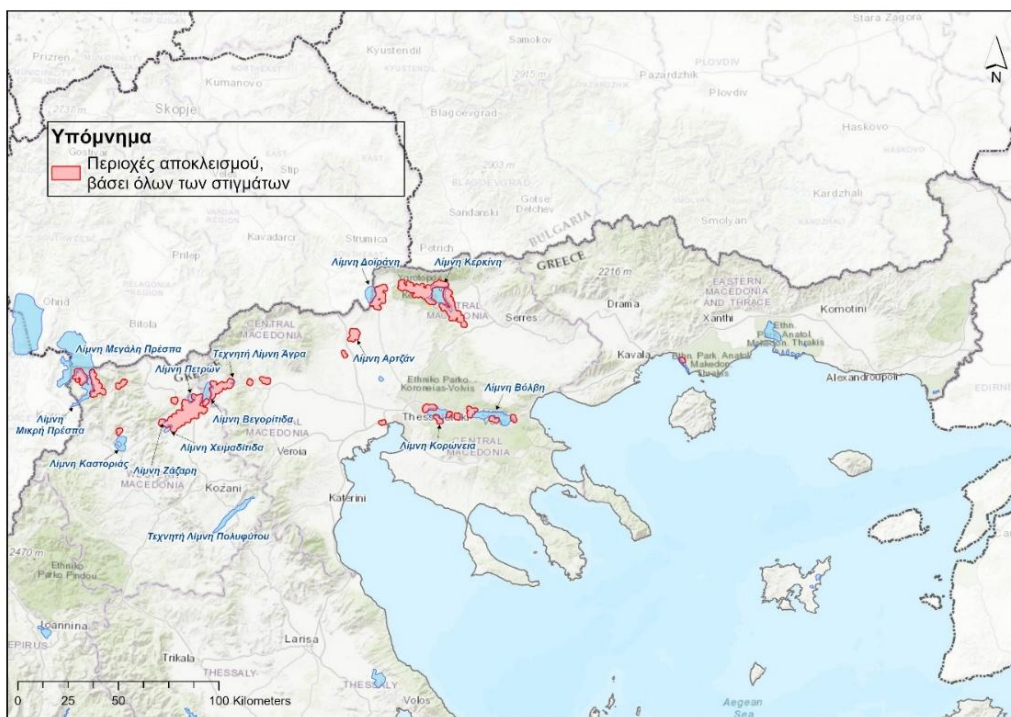
Το αποτέλεσμα της Hotspot ανάλυσης με δεδομένο εισόδο το παραπάνω πλέγμα και τιμές το πλήθος των στίγματων εντός κάθε κελιού έδωσε την παρακάτω Εικόνα 6. Όπως φαίνεται, **126** κελιά 2kmx2km αποτελούν HotSpots με επίπεδο εμπιστοσύνης 99%, **22** επιπλέον κελιά αποτελούν HotSpots με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και **39** επιπλέον κελιά αποτελούν HotSpots με επίπεδο εμπιστοσύνης 90%.



Εικόνα 6: Αποτελέσματα ανάλυσης Hotspot – όλα τα στίγματα της ανάλυσης.

Στην παρούσα ανάλυση επιλέχθηκαν τα κελιά με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και πάνω. Ακολούθως, για τον προσδιορισμό των περιοχών αποκλεισμού χωροθέτησης αιολικών πάρκων υπολογίστηκε η ενοποιημένη (merged) buffer zone 1km γύρω από τα στίγματα που εντοπίζονται εντός των συγκεκριμένων κελιών, αφού κρίθηκε ότι τα στίγματα αυτά ουσιαστικά διαμορφώνουν την εικόνα συγκέντρωσης των πελεκάνων.

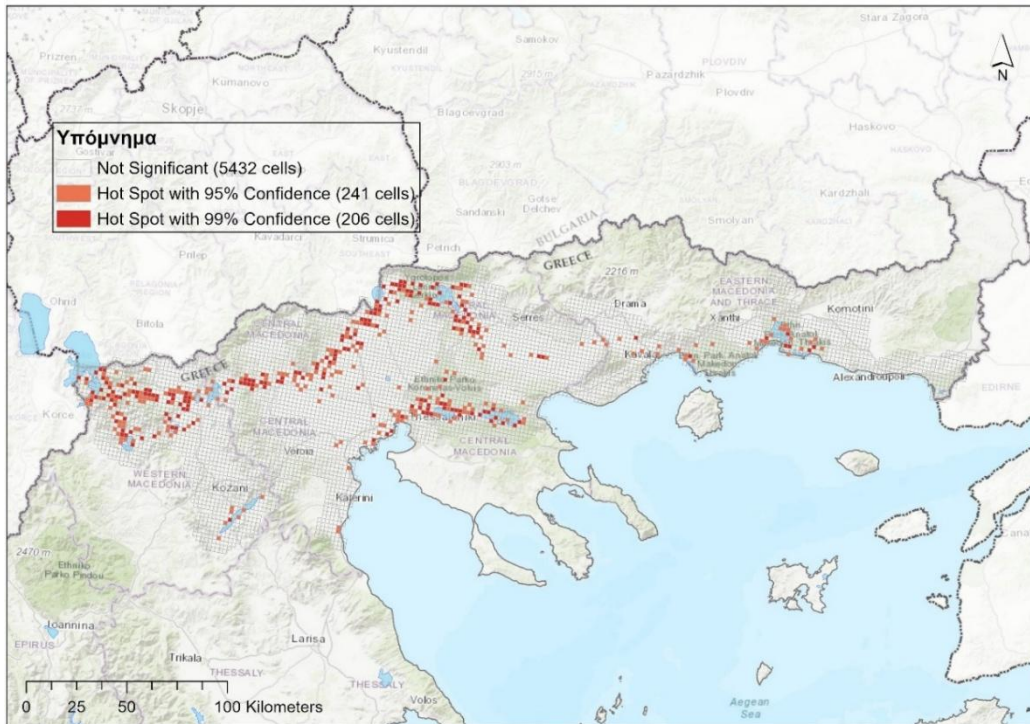
Στην επόμενη εικόνα (Εικ. 7) παρουσιάζονται οι περιοχές αποκλεισμού, βάσει της ανάλυσης που περιγράφηκε.



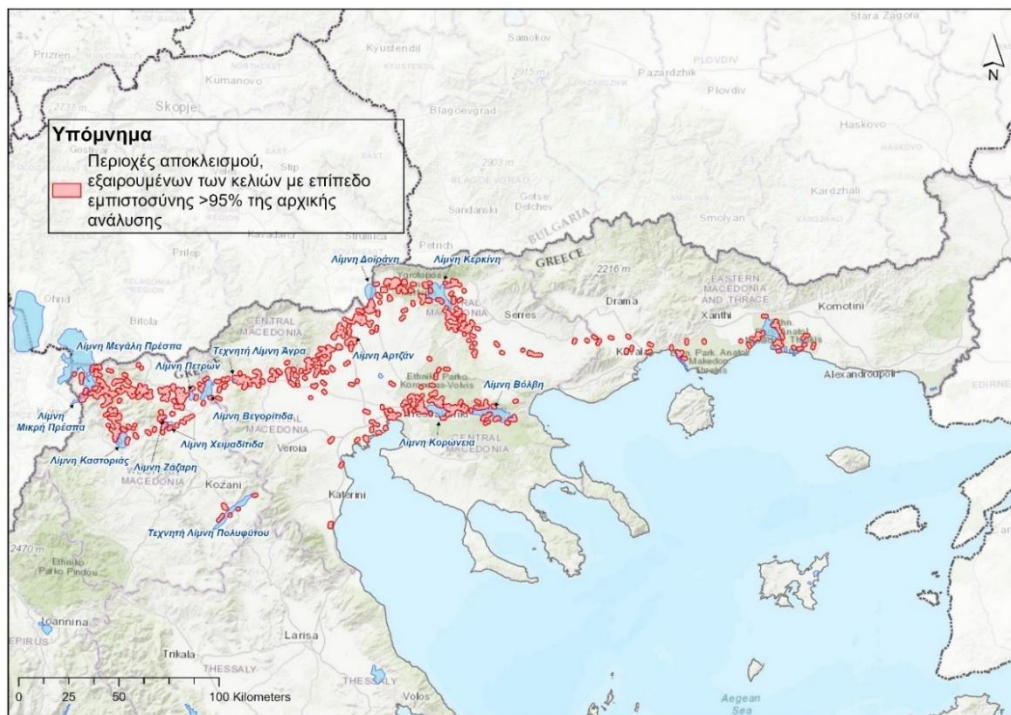
Εικόνα 7: Οι προτεινόμενες περιοχές αποκλεισμού κατασκευής ΑΣΠΗΕ λόγω συχνής διάβασης πελεκάνων – όλα τα στίγματα της ανάλυσης.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7, οι περιοχές που προέκυψαν βάσει της προηγούμενης ανάλυσης εκτείνονται πλησίον υγρότοπων, οι οποίοι εξυπηρετούν ανάγκες διατροφής ή/και αναπαραγωγής των πελεκάνων. Οι περιοχές αυτές είναι οι προφανείς και αδιαμφισβήτητες περιοχές υψηλής συγκέντρωσης των στιγμάτων σε περιοχές εντατικής χρήσης. Όμως, στην ανάλυση Hotspot, το υπερβολικά μεγάλο «βάρος» των πυκνοτήτων των στιγμάτων στις ευρύτερες περιοχές κοντά στους υγρότοπους εμποδίζει τη διάκριση περιοχών με υψηλές πυκνότητες στις ζώνες-διαδρόμους μετακίνησης των πελεκάνων ανάμεσα στις υγροτοπικές περιοχές, δηλαδή στους διαδρόμους μετακίνησης.

Για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο κρίθηκε ως ορθή λύση η επανάληψη της ανάλυσης, αυτή τη φορά εξαιρώντας τα στίγματα εντός των κελιών με επίπεδο εμπιστοσύνης >95%, από τα οποία προέκυψαν οι περιοχές αποκλεισμού της Εικόνας 7. Επαναλήφθηκε η HotSpot ανάλυση με τα υπόλοιπα 1.976 στίγματα (Εικόνες 8 και 9).

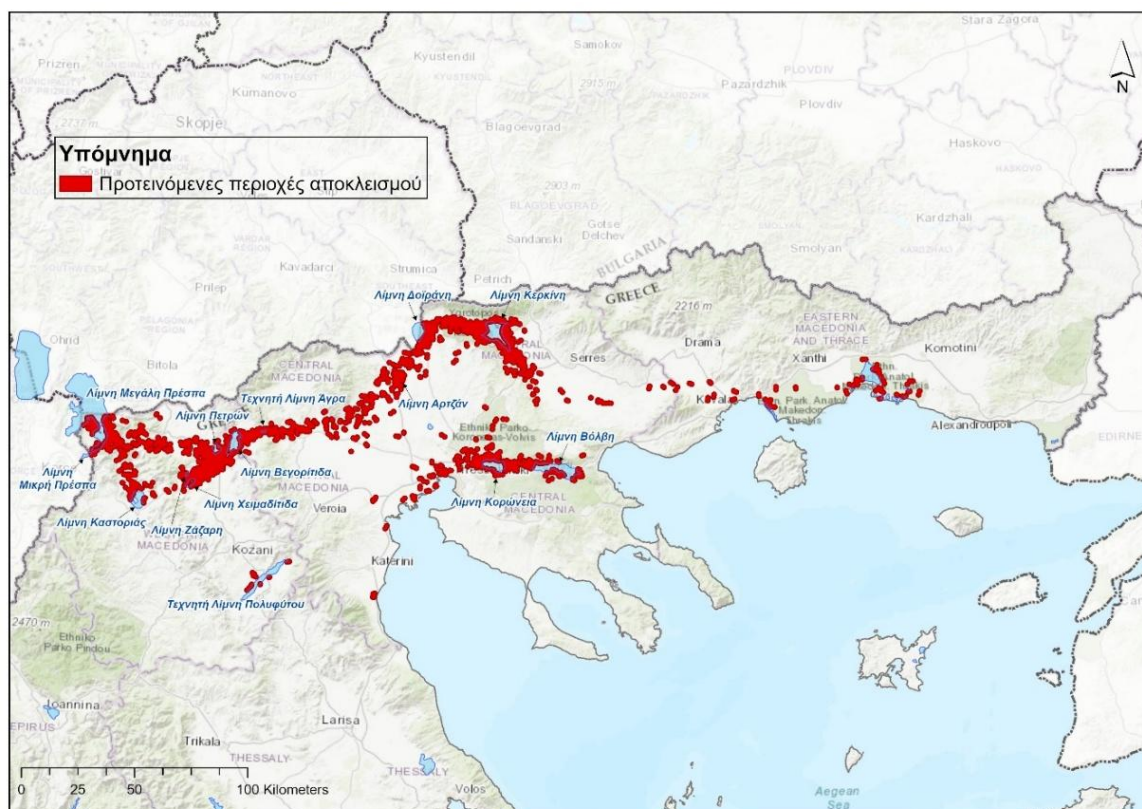


Εικόνα 8: Αποτελέσματα ανάλυσης Hotspot - αφού εξαιρέθηκαν τα κελιά με επίπεδο εμπιστοσύνης >95% της αρχικής ανάλυσης.



Εικόνα 9: Οι προτεινόμενες περιοχές αποκλεισμού κατασκευής ΑΣΠΗΕ λόγω συχνής διάβασης πελεκάνων – αφού εξαιρέθηκαν τα κελιά με επίπεδο εμπιστοσύνης >95% της αρχικής ανάλυσης

Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται σε χάρτες τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη δεύτερη ανάλυση και στην Εικόνα 9 οι προτεινόμενες περιοχές αποκλεισμού κατασκευής ΑΣΠΗΕ. Από την ένωση των δύο παραπάνω περιοχών (δηλαδή Εικόνα 7 και Εικόνα 9) προέκυψε η συνολική προτεινόμενη περιοχή αποκλεισμού κατασκευής ΑΣΠΗΕ στη Βόρεια Ελλάδα λόγω συχνής διάβασης πελεκάνων, έκτασης **2.681 km<sup>2</sup>** (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Οι προτεινόμενες περιοχές αποκλεισμού κατασκευής ΑΣΠΗΕ λόγω συχνής διάβασης πελεκάνων.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Χρησιμοποιήσαμε 1.616.678 στίγματα από 70 πομπούς τοποθετημένους σε 70 διαφορετικά άτομα αργυροπελεκάνου, ο καθένας των οποίων λειτούργησε για διαφορετικά χρονικά διαστήματα, από μερικές εβδομάδες ως 5,5 έτη.

Όπως είναι προφανές από μια απλή οπτική διερεύνηση του χάρτη της Εικόνας 10, οι περισσότερες περιοχές αποκλεισμού, δηλαδή τα περισσότερα σημεία Hotspot βρίσκονται ανάμεσα στις λίμνες Πρέσπες, τις υπόλοιπες λίμνες της Δυτικής Μακεδονίας, την πεδιάδα της Εορδαίας και τις λίμνες Δοϊράνη και Κερκίνη. Αυτές είναι και οι διαδρομές, τις οποίες ακολουθούν πιο συχνά τα περισσότερα από τα πουλιά που φωλιάζουν ή ενδιαφέρονται να φωλιάσουν στην Πρέσπα και τη Χειμαδίτιδα. Αντιθέτως, οι διαδρομές ανάμεσα στη φραγμολίμνη Πολυφύτου και τις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, όλες οι διαδρομές στην Ανατολική Μακεδονία-Θράκη αλλά και οι διαδρομές με κατευθύνσεις ΒΒΔ-ΝΝΑ που βαίνουν εγκάρσια στις δυο μεγάλες προηγούμενες διαδρομές, δεν είναι τεκμηριωμένες επαρκώς λόγω έλλειψης επαρκούς αριθμού στιγμάτων. Η διαφορά αυτή σχετίζεται με τους τόπους παγίδευσης των πελεκάνων στους οποίους τοποθετήθηκαν τελικώς πομποί, δηλαδή την Πρέσπα και, κυρίως, την Κερκίνη. Η πλειονότητα των ατόμων που συχνάζουν στους συγκεκριμένους υγρότοπους έχουν συχνά γεννηθεί σε κάποιον από αυτούς και μετακινούνται κυρίως ανάμεσά τους για να καλύψουν τις βιοτικές τους ανάγκες. Για τον λόγο αυτόν οι περιοχές αποκλεισμού που υποδεικνύουμε με την παρούσα μελέτη στις περιοχές εντός Κεντρικής και (του βόρειου τμήματος της) Δυτικής Μακεδονίας θα βαίνουν βελτιούμενες και ακριβέστερες με την εισαγωγή επιπλέον δεδομένων, δηλαδή αύξηση του δείγματος στιγμάτων από πουλιά που θα κινούνται κυρίως σε αυτές τις περιοχές.

Για τις περιοχές της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, ο αριθμός των στιγμάτων που χρησιμοποιήσαμε είναι πλέον αρκετά μεγάλος και κρίνεται επαρκής ώστε να θεωρούμε



ότι έχουν προσδιοριστεί με μεγάλη ακρίβεια οι διάδρομοι μετακίνησης των πελεκάνων ανάμεσα στους υγρότοπους όπου τρέφονται ή/και φωλιάζουν και έτσι να αποφευχθεί η κατασκευή αιολικών πάρκων σε αυτές.

Η διπλή ανάλυση κρίθηκε αναγκαία λόγω του εξαιρετικά άνισου πλήθους των στιγμάτων κάθε περίπτωσης (τα στίγματα στις αμιγώς υγροτοπικές περιοχές είναι π. 34 φορές περισσότερα από εκείνα στους διαδρόμους μετακίνησης), όπως επίσης και γιατί από το αποτέλεσμα της πρώτης ανάλυσης προέκυψε το υποσύνολο των στιγμάτων το οποίο αφορά σε καθαρή μετακίνηση από και προς τους υγροτόπους. Οπότε, κρίθηκε ότι η ενδεδειγμένη λύση είναι να αναλυθούν δύο φορές τα δεδομένα ξεχωριστά και τα αποτελέσματα να συνενωθούν.

Αν και χρησιμοποιήσαμε μια διαδικασία ανάλυσης σε δυο στάδια, βρίσκοντας πρώτα τις θερμές περιοχές για τις υγροτοπικές ζώνες και κατόπιν για τις ζώνες-διαδρόμους μετακίνησης των πελεκάνων, στην πραγματικότητα το πρώτο στάδιο θα μπορούσε να αποφευχθεί. Είναι εξ' υπαρχής δεδομένο ότι οι πελεκάνοι, όπως και τα άλλα υδρόβια πουλιά, χρησιμοποιούν τους υγροτόπους για να καλύψουν τις βιοτικές τους ανάγκες, ενώ τους χώρους έξω από αυτούς χρησιμοποιούν μόνο για τις μετακινήσεις τους. Οπότε οι υγρότοποι και οι αμέσως γειτονικές χερσαίες περιοχές, π.χ. σε μια ακτίνα 1-2 km γύρω από αυτούς είναι εξ' ορισμού ζώνες αποκλεισμού για την τοποθέτηση ανεμογεννητριών. Για λόγους μεγαλύτερης ακρίβειας και συνέπειας προτιμήσαμε να εφαρμόσουμε την Hotspot ανάλυση και πλησίον των περιοχών αυτών, αλλά ο κύριος στόχος της μελέτης ήταν να προσδιορίσει τους διαδρόμους συχνής μετακίνησης των πελεκάνων, διότι μόνο εκεί θα μπορούσαν να κατασκευαστούν υποδομές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Ας σημειωθεί εδώ ότι το παραλληλόγραμμο Πρέσπα – Κερκίνη – Βόλβη - Πολυφύτου σε Κεντρική και Δυτική Μακεδονία δεν είναι η μόνη περιοχή στην Ελλάδα που περιέχει διαδρόμους υψηλής συχνότητας διέλευσης πελεκάνων. Η παράκτια περιοχή από το Κοτύχι μέχρι και τη Σαγιάδα στη Δυτική Ελλάδα είναι ακόμη μια τέτοια περιοχή με πολλές λίμνες και άλλους υγροτόπους που χρησιμοποιείται κατά παρόμοιο τρόπο από τους αργυροπελεκάνους που φωλιάζουν στις λιμνοθάλασσες του Αμβρακικού και του Μεσολογίου. Μια ακόμη δε αντίστοιχη παράκτια περιοχή υπάρχει βορειότερα ανάμεσα στους υγροτόπους Καραβαστά στην Αλβανία και τη λίμνη Σκαντάρ στο Μαυροβούνιο.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί, ότι οι αργυροπελεκάνοι κάνουν τις τακτικές αυτές μετακινήσεις μόνοι τους ή σε μεικτά σμήνη με ροδοπελεκάνους *Pelecanus onocrotalus*, οι οποίοι επίσης μετακινούνται και μόνοι τους, ακολουθώντας ακριβώς τις ίδιες εναέριες διαδρομές με τους αργυροπελεκάνους. Αυτό γίνεται διότι και τα δυο είδη είναι σχεδόν ίδιου μεγέθους, κάνουν παρόμοια ταξίδια διότι καλύπτουν παρόμοιες ανάγκες και οι μετακινήσεις τους εξαρτώνται με τον ίδιο τρόπο από τις κινούμενες αέριες μάζες.

Η μόνη παρόμοια μελέτη που εντοπίσαμε στην παγκόσμια βιβλιογραφία για τους πελεκάνους από τους Jenkins et al. (2018) αφορούσε τους ροδοπελεκάνους που μετακινούνταν καθημερινά από το νησί Dassen στους τόπους διατροφής τους στην ηπειρωτική Νότια Αφρική. Το μέγεθος του πληθυσμού και οι μέθοδοι της μελέτης αυτής ήταν παρόμοιες με τη δική μας, αλλά η στόχευση και η κλίμακα εξέτασης διαφορετικές. Μια καθοριστική διαφορά ήταν ότι οι πελεκάνοι εκεί πετούσαν κυρίως πάνω από τη θάλασσα για τις μετακινήσεις τους με αποτέλεσμα οι αεροδιάδρομοι μετακίνησης να μην είναι τόσο καθορισμένοι από κινούμενες αέριες μάζες που σχηματίζονται πάνω από τη χέρσο. Παρά τις διαφορές, και η μελέτη εκείνη διαπίστωνε πως μερικές άστοχα τοποθετημένες ανεμογεννήτριες πάνω στις πορείες μετακίνησης των ροδοπελεκάνων μπορούσαν να επιφέρουν θνησιμότητα ικανή να οδηγήσει την αποικία σε εξαφάνιση.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τη Δρα Ελισάβετ Γεωργοπούλου, τον Δρα Δημήτρη Βασιλάκη και τον Δρα Αναστάσιο Μπούνα που έκαναν χρήσιμα σχόλια κατά τη διάρκεια της επιλογής μεθόδου και της αρχικής ανάλυσης (Version 1). Η προσεκτική επιμέλεια του κειμένου και οι εύστοχες παρατηρήσεις της Δρος Βιβής Ρουμελιώτου βελτίωσαν καίρια το κείμενο.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Δημαλέξης, Α., Καστρίτης, Θ., Μανωλόπουλος, Α., Κορμπέτη, Μ., Φριτς, Γ., Saravia Mullin, V., Ξηρουχάκης, Σ. & Μπούσμπουρας Δ. 2010. Προσδιορισμός και χαρτογράφηση των ορνιθολογικά ευαίσθητων στα αιολικά πάρκα περιοχών της Ελλάδας. Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία. Αθήνα. 126 σελ.
- Παπανούση, Φ., Όλγα Αλεξάνδρου & Γ. Κατσαδωράκης. 2022. Πρόταση για περιοχές αποκλεισμού χωροθέτησης αιολικών πάρκων και μεμονωμένων ανεμογεννητριών λόγω συχνών πτήσεων αργυροπελεκάνων *Pelecanus crispus* στη Δυτική και Κεντρική Μακεδονία, Ελλάδα», Μάρτιος 2022 (DOI: 10.13140/RG.2.2.18664.75522).
- Drewitt, AL & RHW Langston. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148: 29– 42.
- Getis, A., & Ord, JK. 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24: 189–206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>.
- Gove, B., Langston, RHW, McCluskie, A., Pullan, JD. & Scrase, I. 2013. Wind farms and birds: an updated analysis of the effects of wind farms on birds, and best practice guidance on integrated planning and impact assessment. Bern Convention Bureau Meeting, Strasbourg (17 September 2013) RSPB/BirdLife.
- Harcourt, AH. 1999. Coincidence and mismatch of biodiversity hotspots: A global survey for the order, primates. *Biological Conservation* 93: 163–175.
- Jenkins, AP, Reid, T., du Plessis, J., Colyn, R., Benn, G. & Millikin, R. 2018. Combining radar and direct observation to estimate pelican collision risk at a proposed wind farm on the Cape west coast, South Africa. *PLoS ONE* 13(2): e0192515. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192515>
- Kuletz, KJ., Ferguson, MC., Hurley, B., Gall, AE., Labunski, EA., & Morgan, TC. 2015. Seasonal spatial patterns in seabird and marine mammal distribution in the eastern Chukchi and western Beaufort seas: Identifying biologically important areas. *Progress in Oceanography* 136: 175–200.
- Langston, RHW. & Pullan, JD. 2003. Wind farms and birds: an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report written by Birdlife International on behalf of the Bern Convention. Council Europe Report T-PVS/ Inf.
- Mitchell, A. 2005. The ESRI Guide to GIS Analysis. ESRI Press Volume 2.
- Myers, N. 1988. Threatened biotas: “Hot spots” in tropical forests. *The Environmentalist* 8: 187–208. <https://doi.org/10.1007/BF02240252>.
- Nelson, T. A. & Boots, B. 2008. Detecting spatial hot spots in landscape ecology. *Ecography* 31: 556–566. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.05548.x>.
- Newton, I. 2008. The migration ecology of birds. Academic Press, London.
- Ord, J. K. & Getis, A. 1995. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical Analysis*, 27: 286–306 <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x>.

- Possingham, HP., & Wilson, KA. 2005. Turning up the heat on hotspots. *Nature*, 436: 919–920. <https://doi.org/10.1038/436919a>.
- Santora, JA., & Veit, RR. 2013. Spatio-temporal persistence of top predator hotspots near the Antarctic Peninsula. *Marine Ecology Progress Series*, 487, 287–304. <https://doi.org/10.3354/meps10350>.
- Santora, JA., Reiss, CS., Loeb, VJ., & Veit, RR. 2010. Spatial association between hotspots of baleen whales and demographic patterns of Antarctic krill *Euphasia superba* suggests size-dependent predation. *Marine Ecology Progress Series* 405: 255–269.
- Scott, L. & Warmerdam, N. 2005. Extend Crime Analysis with ArcGIS Spatial Statistics Tools. *ArcUser Online* Volume 8, No2.
- Sussman, AL, B Gardner, B., Adams, EM, Salas, L., Kenow, KP, Luukkonen, DR, Monfils, MJ, Mueller, WP, Williams, KA, Leduc-Lapierre, M, & Zipkin EF. 2019. A comparative analysis of common methods to identify waterbird hotspots. *Methods in Ecology & Evolution* 10: 1454–1468.
- Tremblay, Y., Bertrand, S., Henry, RW., Kappes, MA., Costa, DP. & Shaffer, SA. 2009. Analytical approaches to investigating seabird environment interactions: A review. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 153–164. <https://doi.org/10.3354/meps08146>.