

Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΒΙΟΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ (HOT-SPOTS): Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ ΟΡΧΕΟΕΙΔΩΝ ΣΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΖΑΚΥΝΘΟΥ

Ποϊραζίδης Κωνσταντίνος^{*1}, Μαρτίνης Αριστοτέλης², Μινώτου Χαρίκλεια³
Χαϊδευτού Ευγενία⁴

¹ Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Παναγούλα, 29100, Ζάκυνθος, ecopoira@yahoo.gr

² Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Παναγούλα, 29100, Ζάκυνθος, aristotelismartinis@yahoo.gr

³ IFOAM AGRIBIOMEDITERRANEO, Δερινγύ 49 10434, Αθήνα, charmini@otenet.gr

⁴ Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Παναγούλα, 29100, Ζάκυνθος, eugeniachd@gmail.com

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση της κατανομής της αφθονίας ειδών και η χαρτογράφηση της για τον προσδιορισμό βιοαποθεμάτων σε θέσεις υψηλού πλούτου ειδών Ορχεοειδών. Οι καταγραφές πραγματοποιήθηκαν την άνοιξη του 2015 και 2016, ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές μήκους 2-4 Km και σε ζώνες των δύο μέτρων εκατέρωθεν της κάθε διαδρομής.

Οι συνολικά 967 καταγραφές εισήχθησαν σε γεωγραφική βάση, όπου αναπτύχθηκαν ατομικά μοντέλα καταλληλότητας βιοτόπου με το πρόγραμμα Maxent. Για τη μοντελοποίηση ατομικής κατανομής, χρησιμοποιήθηκαν 13 περιβαλλοντικές παράμετροι που επηρεάζουν την παρουσία και κατανομή των ειδών σε τρεις ενότητες παραμέτρων: βλάστηση, τοπογραφία, γεωλογία. Η εκτίμηση των τιμών καταλληλότητας στο Maxent, έγινε με τη μέθοδο crossvalidated. Ο χάρτης καταλληλότητας μετασχηματίστηκε σε δυαδικό αρχείο (παρουσίας – απουσίας), με χρήση του “10th percentile training presence”, ώστε να ληφθεί υπόψη η περιβαλλοντική πολυπλοκότητα της περιοχής. Ο συνθετικός χάρτης έγινε με την εφαρμογή *SMD toolbox* μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS. Με το εργαλείο *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)* και την Ευκλείδεια απόσταση, υπολογίστηκαν έξι χωρικές ενότητες με βάση την αφθονία ειδών.

Συνολικά αναγνωρίστηκαν 49 είδη Ορχεοειδών από εννέα γένη. Η Ζάκυνθος χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό πλούτο σε είδη Ορχεοειδών, όπου στο 53,2% της έκτασης του νησιού, εκτιμάται η παρουσία τουλάχιστον 10 ειδών, ενώ στο 4,7% αυτής εκτιμάται η παρουσία τουλάχιστον 20 ειδών. Η τοπογραφία, η γεωλογία και η πυκνότητα κάλυψης βλάστησης αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για τη διατήρηση της ποικιλότητας Ορχεοειδών. Το υψόμετρο αποτελεί τον πιο καθοριστικό

παράγοντα διαφοροποίησης της εξάπλωσης των ειδών. Η υδρολιθολογία ήταν η επόμενη πιο σημαντική ερμηνευτική παράμετρος. Σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους, τα περισσότερα είδη καταγράφηκαν σε νότιες και ανατολικές εκθέσεις κυρίως μέτριων κλίσεων με μέτρια ή αραιή βλάστηση. Η ανάλυση *Hot Spot* έδειξε ότι τέσσερις περιοχές στη Ζάκυνθο (συνολικά το 12,5% της έκτασης του νησιού), θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως βιοαποθέματα υψηλής αξίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας Ορχεοειδών.

Λέξεις - κλειδιά: πλούτος ειδών, εξάπλωση, χάρτης καταλληλότητας, υψόμετρο, υδρολιθογραφία.

Εισαγωγή

Η εξέλιξη των οικοσυστημάτων του φυσικού Μεσογειακού τοπίου θεωρείται πολύ-παραγοντική αλληλεπίδραση παραγόντων και των εξαρτώμενων από αυτούς τους παράγοντες εδαφικών και βιοτικών μεταβλητών. Τέτοιες αλληλεπιδράσεις οργανισμών με περιβαλλοντικές μεταβλητές έχουν εντοπιστεί για παράδειγμα στη σχέση ηλιόφιλων ορχιδεών (*heliophyte orchids*) με την ένταση του φωτός (Naveh, 1982).

Orchidaceae

Η οικογένεια των Ορχεοειδών (*Orchidaceae*) είναι μια από τις μεγαλύτερες και ποικίλες οικογένειες φυτών (Tsiftsis et al., 2008) με περισσότερα από 24.000 είδη από 800 γένη σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρά το υψηλό ποσοστό ειδών, η οικογένεια των Ορχεοειδών εμφανίζει το υψηλότερο ποσοστό βαθμού εξαφάνισης παγκοσμίως. Ζητήματα όπως η μείωση του εύρους κατανομής των ειδών Ορχεοειδών έχουν διερευνηθεί περισσότερο στη Βόρεια Ευρώπη (Kulla, T., and M.J., Hutchings, 2006). Παράλληλα, στην εποχή μας καταδεικνύεται η άμεση ανάγκη να τίθενται προτεραιότητες στην προστασία της βιοποικιλότητας, με επίκεντρο περιοχές όπου εντοπίζεται η μεγαλύτερη ανάγκη προστασίας. Κατά συνέπεια η μελέτη της κατανομής της αφθονίας των ειδών και πώς αυτή επηρεάζεται από γεωγραφικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, είναι ουσιώδους σημασίας για την προστασία των Ορχεοειδών ειδικά για την περιοχή της Μεσογείου.

Βιοαποθέματα (Hot Spots)

Σήμερα ο αριθμός απειλούμενων ειδών υπερβαίνει κατά πολύ τους διαθέσιμους πόρους προστασίας και διατήρησης τους, γεγονός που καταδεικνύει την άμεση ανάγκη να τίθενται προτεραιότητες στην προστασία της βιοποικιλότητας με επίκεντρο

περιοχές όπου εντοπίζεται η μεγαλύτερη ανάγκη προστασίας. Ο προσδιορισμός 'hotspots' αποτελεί υποσχόμενη προσέγγιση σε περιοχές υψηλού ενδημισμού που απειλούνται με απώλεια οικοτόπων αλλά και σε περιοχές υψηλού πλούτου ειδών ή παρουσίας σπάνιων ταξινομικών μονάδων (Myers et al., 2000).

Στην παρούσα εργασία εκτιμήθηκε η κατανομή της αφθονίας ειδών η οποία και χαρτογραφήθηκε με στόχο τον προσδιορισμό βιοαποθεμάτων σε θέσεις υψηλού πλούτου ειδών - της οικογένειας των Ορχεοειδών (*Orchidaceae*).

Υλικά και Μέθοδοι

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 967 καταγραφές την άνοιξη του 2015 και 2016, ακολουθώντας διαφορετικές διαδρομές μήκους 2-4 Km και σε ζώνες των δύο μέτρων εκατέρωθεν της κάθε διαδρομής. Ειδικότερα, το 2015 πραγματοποιήθηκαν 110 διαδρομές και 120 διαδρομές το 2016, οι οποίες ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένες σε όλους τους αντιπροσωπευτικούς βιοτόπους της Ζακύνθου.

Όλες οι καταγραφές εισήχθησαν σε γεωγραφική βάση, όπου για 29 είδη από συνολικά 49 (με περισσότερες από έξι καταγραφές) αναπτύχθηκαν ατομικά μοντέλα καταλληλότητας βιοτόπου μέσα από το πρόγραμμα Maxent. Για τη μοντελοποίηση της ατομικής κατανομής, χρησιμοποιήθηκαν 13 περιβαλλοντικές παράμετροι που επηρεάζουν την παρουσία και κατανομή των ειδών της οικογένειας Ορχεοειδών σε τρεις ενότητες παραμέτρων:

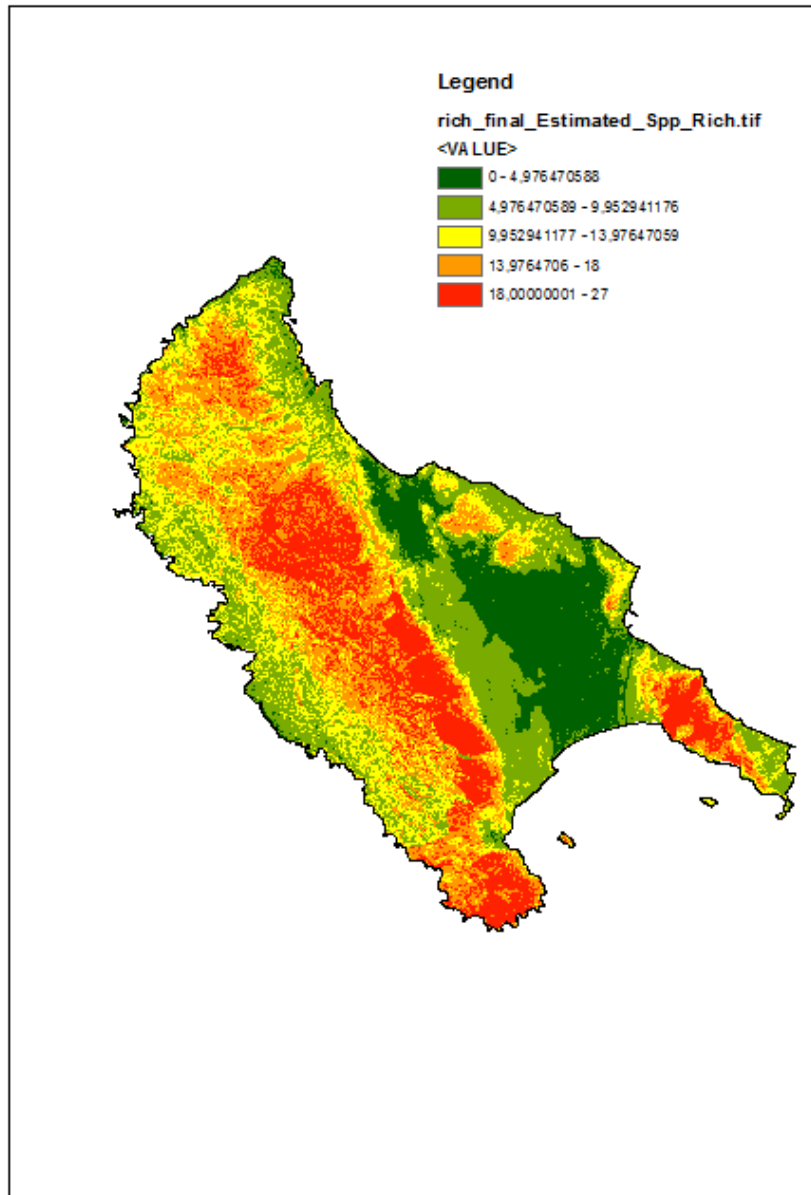
- Η 1^η ενότητα περιλαμβάνει έξι τοπογραφικές παραμέτρους: υψόμετρο, κλίση εδάφους, επίδραση της έκθεσης ανάγλυφου (ποσοτική μεταβλητή επίδρασης του βορρά και ποσοτική μεταβλητή επίδρασης της ανατολής) και σχετική τοπογραφική θέση (ως ποσοτική και ποιοτική μεταβλητή).
- Η 2^η ενότητα περιλαμβάνει πέντε παραμέτρους που χαρακτηρίζουν τη δάσωση των εκτάσεων: τέσσερις δείκτες βλάστησης (*Ndvi*, *Ndmi*, *Msavi*, *Evi*) και θερμοκρασία εδάφους όπως καταγράφεται από τη θερμική μπάντα των δορυφορικών εικόνων.
- Η 3^η ενότητα περιλαμβάνει δύο γεωλογικές ποιοτικές παραμέτρους: λιθολογικές και υδρολιθολογικές ενότητες πετρωμάτων.

Η επιλογή του καλύτερου βαθμού γενίκευσης των ατομικών μοντέλων (σε μια κλίμακα από 0.5 ως 3 με βήματα ανά 0.5) έγινε με βάση το κριτήριο AICc και όταν αυτό ήταν το ίδιο σε 2+ μοντέλα, τότε επιλεγόταν το καταλληλότερο με το μικρότερο AUC.Diff. Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές επιλέχθηκαν με βάση δύο κριτήρια α)

πάνω από 5% ποσοστό συμμετοχής στην ερμηνεία της κατανομής και β) βαθμός συσχέτισης ανάμεσα στις επιλεγόμενες μεταβλητές μικρότερος από 0.8. Η εκτίμηση των τιμών καταλληλότητας στο Maxent, έγινε με βάση μια μέση τιμή από 10 επαναλήψεις (*replicates*), με τη μέθοδο του *crossvalidated*. Ο χάρτης καταλληλότητας, που αρχικά ήταν σε συνεχή κλίμακα από 0 ως 1, μετασχηματίστηκε σε δυαδικό αρχείο (παρουσίας – απουσίας), χρησιμοποιώντας το κατώφλι “*10th percentile training presence*”, με στόχο την πιο συντηρητική αποτύπωση της παρουσίας ειδών λόγω της περιβαλλοντικής πολυπλοκότητας της περιοχής. Με το όριο αυτό, στην πρόβλεψη παρουσίας δεν περιλαμβάνονται το 10% των πιο ακραίων παρατηρήσεων, οι οποίες μπορεί να αντιπροσωπεύουν σφάλματα εγγραφής, εφήμερους πληθυσμούς, ή την παρουσία ασυνήθιστων μικροκλιματικών συνθηκών μέσα σε μια περιοχή. Ο συνθετικός χάρτης (σύνθεσης της ατομικής παρουσίας των ειδών) έγινε με την εφαρμογή *SMD toolbox* μέσα από το περιβάλλον του ArcGIS σε ανάλυση τετραγώνου 500 μέτρων. Στη συνέχεια, μέσα από το εργαλείο *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)* και την Ευκλείδεια απόσταση, υπολογίστηκαν έξι χωρικές ενότητες με βάση την αφθονία των ειδών.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

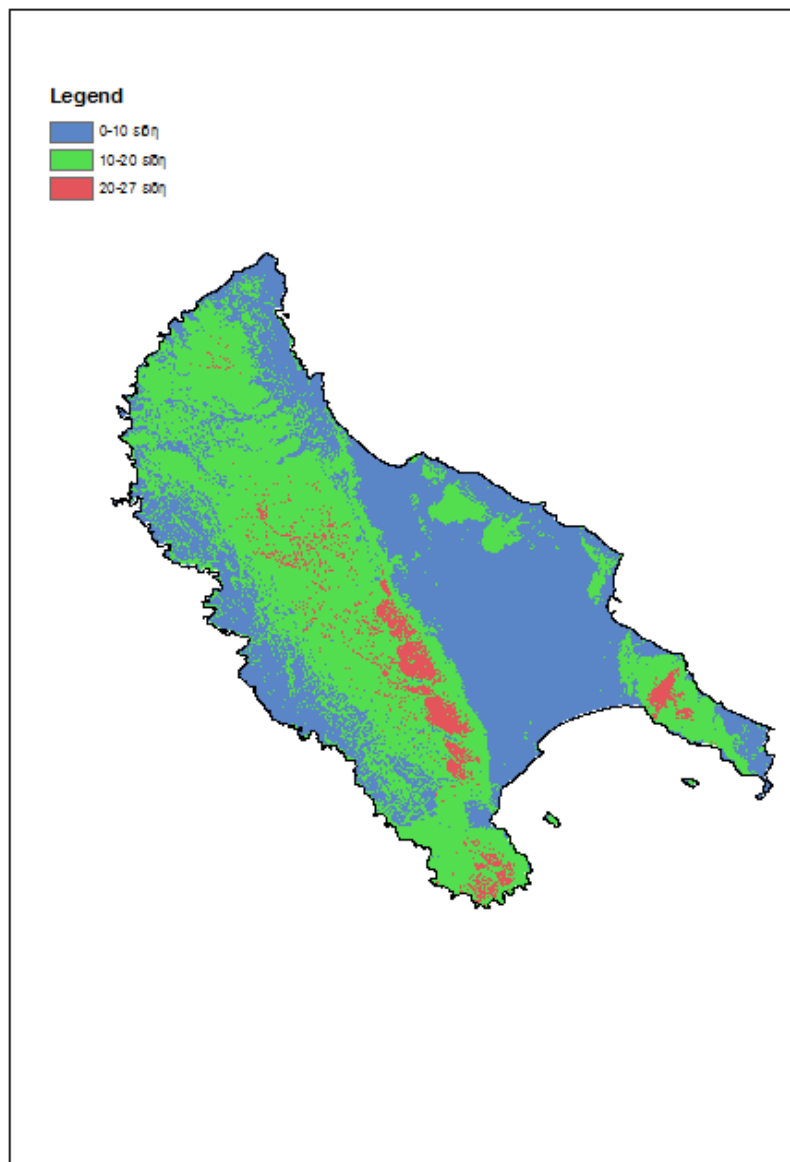
Συνολικά μέσα από 967 καταγραφές, οι οποίες ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένες σε όλους τους αντιπροσωπευτικούς βιοτόπους της Ζακύνθου, αναγνωρίστηκαν 49 είδη Ορχεοειδών από εννέα γένη, ανάμεσα στις οποίες η ενδημική *Serapias neglecta subsp. ionica*, η *Dactylorhiza romana*, η *Ophrys speculum* και η *Spiranthes spiralis*.



Χάρτης 1. Συνθετικός χάρτης του πλούτου ειδών της οικογένειας Ορχεοειδών στη Νήσο Ζάκυνθο.

Η Ζάκυνθος χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό πλούτο σε είδη Ορχεοειδών, όπου στο 53,2% της έκτασης του νησιού, με βάση το συνθετικό μοντέλο εκτιμάται η παρουσία τουλάχιστον 10 ειδών (Χάρτης 1).

Σε συγκεκριμένες θέσεις (στο 4,7% της έκτασης του νησιού) εκτιμάται η παρουσία τουλάχιστον 20 ειδών με βάση το συνθετικό μοντέλο (Χάρτης 2).



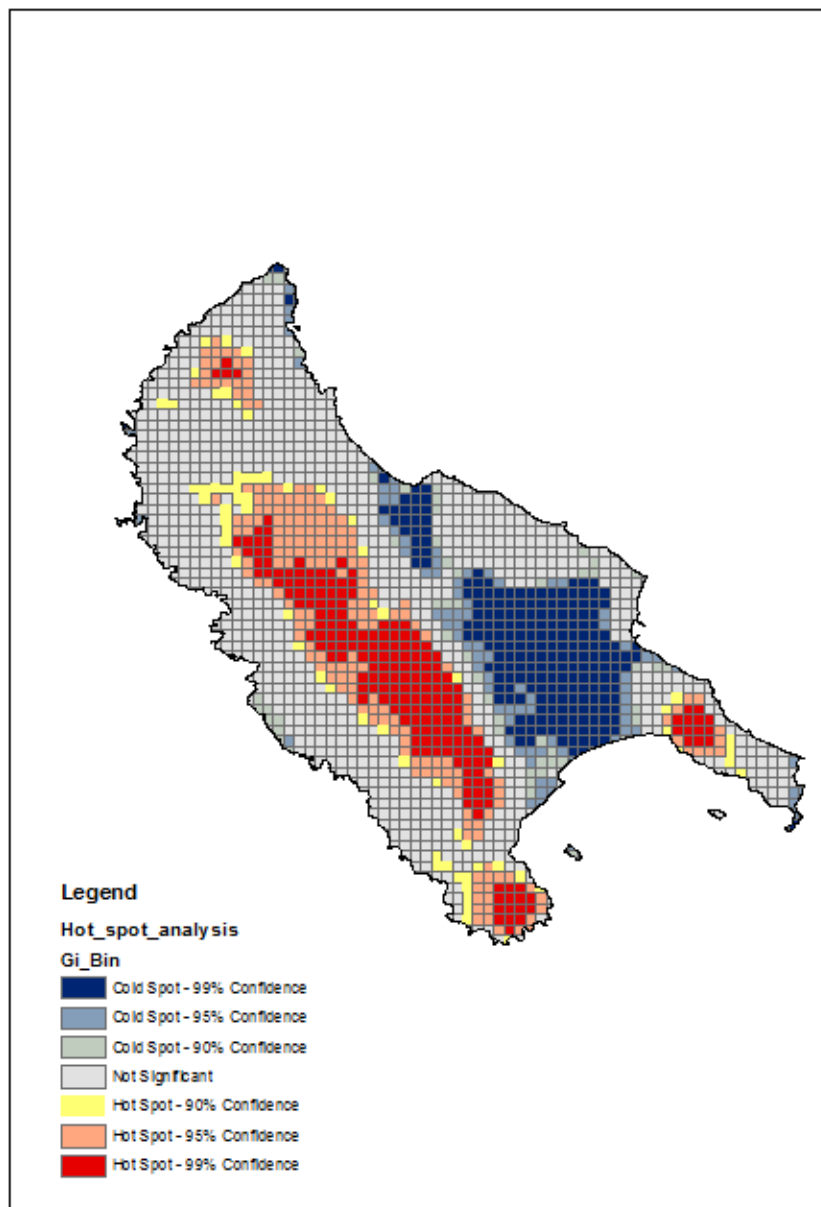
Χάρτης 2. Συνθετικός χάρτης του πλούτου ειδών της οικογένειας Ορχεοειδών σε τρεις κλάσεις ως προς τον αριθμό ειδών, στη Νήσο Ζάκυνθο.

Η τοπογραφία, η γεωλογία και η πυκνότητα κάλυψης της βλάστησης αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για τη διατήρηση της ποικιλότητας Ορχεοειδών. Το υψόμετρο αποτελεί τον πιο καθοριστικό παράγοντα διαφοροποίησης της εξάπλωσης των ειδών, αφού επιλέχτηκε ως μία από τις σημαντικότερες μεταβλητές σε 27 ατομικά μοντέλα καταλληλότητας από ένα σύνολο 29 μοντέλων. Σε έντεκα είδη το υψόμετρο εμφάνισε κωδωνοειδή προσαρμογή (στα 200 μέτρα ή στα 600 ως κορυφές) και σε εννέα είδη εμφάνισε αυξητικά γραμμική προσαρμογή.

Η υδρολιθολογία ήταν η επόμενη πιο σημαντική ερμηνευτική παράμετρος (17 από τα 29 μοντέλα), με τις κοκκώδεις αποθέσεις κυμαινόμενης υδατοπερατότητας να κυριαρχούν ως κατάλληλο υπόστρωμα. Σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους, τα περισσότερα είδη καταγράφηκαν σε νότιες και ανατολικές εκθέσεις κυρίως σε μέσο - και άνω-πλαγιές μέτριων κλίσεων με μέτρια ή αραιή βλάστηση.

Η σημασία των διαφορετικών οικολογικών προτιμήσεων των ειδών που μπορεί να σχετίζεται με τον υψηλό πλούτο ειδών έχει ήδη εντοπιστεί για την περιοχή της Ζακύνθου με καθοριστικό παράγοντα διατήρησης βιοποικιλότητας την ετερογένεια του τοπίου (Poirazidis et al., 2015). Τα παραπάνω αποτελέσματα συνάδουν με αυτό το αρχικό εύρημα.

Η ανάλυση *Hot Spot*, έδειξε ότι τέσσερις περιοχές στη Ζάκυνθο που καταλαμβάνουν συνολικά το 12,5% της έκτασης του νησιού, θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως βιοαποθέματα υψηλής αξίας για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας Ορχεοειδών (Χάρτης 3). Όπως φαίνεται στο χάρτη, η μεγαλύτερη αφθονία ειδών Ορχεοειδών συγκεντρώνεται στο κεντροδυτικό τμήμα του νησιού.



Χάρτης 3. Συνθετικός χάρτης ανάλυσης *Hot Spot* για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας Ορχεοειδών στη Νήσο Ζάκυνθο.

Συμπερασματικά ο συνδυασμός των εργασιών πεδίου με τη γεωγραφική και χωρική ανάλυση μπορούν να μας δώσουν ασφαλή εργαλεία για λήψη χωρικών αποφάσεων για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας μέσα από τη σωστή ιεράρχηση των προτεραιοτήτων.

THE USE OF SPATIAL ANALYSIS IN IDENTIFYING HOT-SPOTS: THE CASE OF ORCHIDS DIVERSITY IN ZANTE ISLAND

Poirazidis Konstantinos^{*1}, Martinis Aristotelis², Minotou Charikleia³ Chaideftou Evgenia⁴

¹ Assistant Professor, Department of Environment Technology, T.E.I. of Ionian Islands, Panagoula, 29 100, Zante, ecopaira@yahoo.gr

² Assistant Professor, Department of Environment Technology, T.E.I. of Ionian Islands, Panagoula, 29 100, Zante, aristolismartinis@yahoo.gr

³ IFOAM AGRIBIOMEDITERRANEO, Derigny 49, 10434, Athens, charmini@otenet.gr

⁴ Department of Environment Technology, T.E.I. of Ionian Islands, Panagoula, 29 100, Zante, eugeniachd@gmail.com

Abstract

The current study aims at estimating and mapping the distribution of orchid species' abundance for determining hotspots at sites of high species richness of the Orchidaceae family. Orchids recording took place during spring 2015 and 2016, with 110 in 2015 and 120 in 2016 track records. The tracks have a length of 2-4 Km, width 2 meters at each side.

A total of 967 recordings were introduced in geographical analysis and individual models of biotope suitability were developed using program Maxent. 13 environmental parameters were used for modeling the individual distribution in three parameter units of vegetation, topography and geology. The suitability values were estimated using Maxent, with the method of crossvalidated. The suitability map was transformed into a binary file (presence – absence) according to the threshold “10th percentile training presence” to consider the environmental complexity of the region. The synthetic map was formed by applying the SMD toolbox using the software ArcGIS and the statistically significant units were computed via the tool *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)* and the Euclidean distance.

49 orchid species were identified belonging to 9 genera. Zante Island is characterized by remarkably high orchid species richness since the synthetic model indicates presence of at least 10 species for the 53.2% of the island area, while for 4.7% of it at least 20 species are indicated. Topography, geology and landscape openness are determining factors for orchids' diversity conservation. Altitude is the determining factor of differentiation in species distribution. Hydro-lithology was the following most significant interpreting parameter, with granular deposits dominating as suitable substrate, at south and east expositions of moderate inclination covered by less dense

to sparse vegetation. The mapping analysis of species abundance units revealed that 12.5% of the island surface could be characterized as hotspots of high value for the conservation of orchid diversity.

Keywords: species richness, distribution, suitability map, altitude, hydro-lithography

Βιβλιογραφία

- Naveh, Z., 1982. Mediterranean landscape evolution and degradation as multivariate biofunctions: theoretical and practical implications. *Landscape Plann.*, 9: 125-146.
- Tsiftsis, S., Tsiripidis, I., Karagiannakidou, V., and D. Alifragis, 2008. Niche analysis and conservation of the orchids of east Macedonia (NE Greece). *Acta oecologica*, 33: 27-35.
- Kulla, T., and M.J., Hutchings, 2006. A comparative analysis of decline in the distribution ranges of orchid species in Estonia and the United Kingdom. *Biological conservation*, 129: 31-39.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Poirazidis, K., Chaideftou, E., Martinis, A., 2016. Conservation of the floristic richness in Mediterranean ecosystems – The use of spatial analysis and multicriteria methods in identifying sites for the establishment of plant micro-reserves (PMR) after fire, pp. 345-355. In D. Kalyvas (Ed.) *Proc. 1st Conference in GIS and Spatial Analysis in Agriculture and Environment*, 28-29 May 2015, Agricultural University of Athens, Greece, ISBN: 978-960-6806-18-6, Copyright 2016.