

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΕΔΡΟΔΑΣΟΥΣ

JUNIPERUS PHOENICEA ΤΩΝ ΣΤΡΟΦΑΛΩΝ ΝΗΣΩΝ

Μαρτίνης Αριστοτέλης¹, Ποϊραζίδης Κωνσταντίνος¹

¹ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος, Ζάκυνθος, Μαριέττας Μινώτου - Γιαννοπούλου, amartinis@teion.gr, ecopoira@yahoo.gr

Περίληψη

Οι Στροφάδες νήσοι αποτελούν μέρος του Εθνικού Θαλασσιού Πάρκου Ζακύνθου και θεωρούνται νησιά ωκεάνιου τύπου, με μεγάλη οικολογική αξία. Στην παρούσα εργασία αναλύεται τη δομή και την κατάσταση αναγέννησης του κεδροδάσους *Juniperus phoenicea* των Στροφάδων, με στόχο τη λήψη μέτρων διαχείρισης για την προστασία και διατήρησή του. Για την παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν πολυφασματικές και παγχρωματικές εικόνες (ikonos) για την εκτίμηση των κατηγοριών κάλυψης. Για την ανάλυση της δομής και της κατάστασης αναγέννησης του κεδροδάσους, μετά την ταξινόμηση των κατηγοριών κάλυψης, εγκαταστάθηκαν 17 δοκιμαστικές επιφάνειες, στις πλέον αντιπροσωπευτικές θέσεις, ώστε οι μετρήσεις να δείχνουν τη μέση ποιότητα και κατάσταση των συστάδων. Στις 14 από τις 17 επιφάνειες κυριαρχεί το *J. phoenicea*, ενώ στις υπόλοιπες 3 κυριαρχεί το είδος *Quercus coccifera*, σε μείξη με τα είδη *Phillyrea latifolia* και *Pistacia lentiscus*. Με την μελέτη και ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι: 1) ο πληθυσμός κυριαρχείται από υποβαθμισμένα άτομα, τα οποία στην πλειοψηφία τους παρουσιάζουν κακομορφίες και σήψη στο εγκάρδιο, 2) στις περισσότερες επιφάνειες απουσιάζει πλήρως η φυσική αναγέννηση, γεγονός που οφείλεται τόσο στο έντονο πετρώδες και στην απουσία εδάφους, όσο και στην υπερβόσκηση των ελεύθερων αιγών στο νησί, 3) σταδιακή κυριαρχία των αειφύλλων πλατύφυλλων έναντι του *Juniperus phoenicea*, 4) υπάρχει αναγκαιότητα άμεσης λήψης διαχειριστικών μέτρων για την προστασία και διατήρηση του κεδροδάσους.

Λέξεις κλειδιά, Προστατευόμενη Περιοχή, ταξινόμηση εικόνας, *Juniperus phoenicea*, δομή δάσους, αναγέννηση,

Εισαγωγή

Το γένος *Juniperus*, της οικογένειας Cupressaceae, απαντάται σε όλη σχεδόν την Ελλάδα. Από τα 67 περίπου διαφορετικά είδη και υποείδη (Farjon, 2005, Adams, 2008), 8 είδη και 4 υποείδη αποτελούν μέρος της ελληνικής χλωρίδας. Εμφανίζονται συνήθως σε θαμνώδη και σε ελάχιστες περιπτώσεις σε δενδρώδη μορφή. Είναι είδος με υψηλές απαιτήσεις σε φως και αντέχει σε ξηρό και θερμό κλίμα (Charco 2001; Quezel and Medial 2003). Απαντάται ως επι το πλείστον σε βραχώδεις ή αμμώδεις περιοχές, με υποβαθμισμένα και αβαθή εδάφη, ((Quezel and Pesson 1980; Quezel and Barbero 1981; Auclair 1996; Charco 2001; Quezel and Med ail 2003), στα οποία δύσκολα μπορεί να εγκατασταθεί άλλο δασικό δενδρώδες είδος (Γ. Φωτιάδης, Μ. Βραχνάκης, Π. Κακούρος, 2014).

Το είδος *J. phoenicea*, ανήκει στη θερμομεσογειακής ζώνη βλάστηση, εξαπλώνεται σε όλη τη Μεσόγειο, από τα Κανάρια νησιά, το όρος Άτλας, την Πορτογαλία, Ιορδανία μέχρι τη Σαουδική Αραβία. Δεν έχει καταγραφεί στη Συρία, στο Λίβανο και στην Παλαιστίνη Zonary, 1973), ενώ σύμφωνα με τη δεινδροχρονολογική μελέτη του Waisel and Liphshitz, (1968), στη Μέση Ανατολή τα άτομα του είδους ανήκουν στα γηραιότερα δένδρα που καταγράφονται στην περιοχή. Η μορφή του είναι συνήθως θαμνώδης, ενώ ως δένδρο κυμαίνεται από 8-12 μέτρα ύψος. Σύμφωνα με Milios et al. (2007), στην Ελλάδα το *J. phoenicea* συχνά εμφανίζεται περίπου σαν το *J. exelsa*, σε μικρές ομάδες ή διάσπαρτα άτομα, σε βραχώδεις πλαγιές, σε ανοιχτά δάση και σε λίγες περιπτώσεις σχηματίζει καθαρές ή μικτές συστάδες. Καταγράφεται συνήθως σε υψόμετρα από 0-400 μέτρα, στην Κεντρική Ελλάδα, στην Πελοπόννησο, στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και σε μικρότερο βαθμό στα νησιά του Ιονίου. Όπως και στις άλλες περιοχές της Μεσογείου παρουσιάζει θαμνώδη μορφή και δεν ξεπερνάει τα 5 μέτρα, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υπερβόσκηση και στην παράνομη υλοτομία κατά τις προηγούμενες δεκαετίες, διότι το ξύλο του είναι πολύ ανθεκτικό και κατάλληλο για πολλές χρήσεις και για ειδικές κατασκευές. Το γεγονός ότι τα κεδροδάση *J. phoenicea* σε δενδρώδη μορφή είναι σπάνια στην Ελλάδα, όπως και η βιοκλιματική ζώνη εξάπλωσης του είδους (σε παράκτιες περιοχές και ακραία κλιματοεδαφικά περιβάλλοντα), το καθιστούν από οικολογική πλευρά, ιδιαίτερα σημαντικό είδος.

Οι Στροφάδες νήσοι, ένα απομονωμένο ωκεάνιου τύπου οικοσύστημα, παρουσιάζουν ιδιαίτερο οικολογικό και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον διότι α) αποτελούν βασικό μεταναστευτικό σταθμό για τα πουλιά, β) στις βραχώδεις ακτές του καταγράφεται μια από τις μεγαλύτερες αποικίες του είδους *Calonectris diomedea* (Αρτέμης) στη Μεσόγειο (Karris et al., 2013 και γ) είναι από τις ελάχιστες περιοχές της Ελλάδας, όπου το είδος *J. phoenicea* εμφανίζεται σε φυσική μορφή δάσους, ύψους 6-12 μέτρων και πυκνότητας περίπου 65-70%. Στο

δάσος των Στροφάδων υπάρχουν μικρές αμιγείς συστάδες, ή μικτές με άλλα μεσογειακά είδη όπως *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia*, *Olea europea* var. *sylvestris*, *Quercus coccifera*, *Murtus communis*, *Arbutus unedo*, *Ramnus alaternus*. Τα πρώτα δεδομένα για τη βλάστηση των Στροφάδων περιγράφονται από τον Halacsy (1899) και τον Αυστριακό ορνιθολόγο Othmar Reiser, σύμφωνα με τους οποίους στα Στροφάδια υπάρχουν 300 είδη φυτών όπως *Crysanthemum coronarium*, *Gladiolus italicus*, το ενδημικό *Delphinium hellenicum*, *Anacamptis pyramidalis*, *Ranunculus asiaticus*, *Serapias ionica* κλπ., ενώ κυρίαρχο είδος σε μορφή δάσους είναι το *J. phoenicea*.

Οι Στροφάδες Νήσοι, όπως κάθε απομονωμένο οικοσύστημα, αποτελούν σημαντικό καταφύγιο και πολύτιμο ερευνητικό εργαστήριο, το οποίο μπορεί να συμβάλλει ευρύτερα στην εξέλιξη της επιστήμης της οικολογίας (Rojas, 1992; Scott et al., 2001; Sutherland, 2000 ; Lesica and Allendorf 1995). Το κεδροδάσος των Στροφάδων παρουσιάζει έντονα σημάδια υποβάθμισης και απουσία φυσικής αναγέννησης. Η μελέτη του Milios et al (2007) και του Kambiz et al (2012) δείχνουν ότι και σε δάση *J. excelsa* παρατηρείται υποβάθμιση και απουσία φυσικής αναγέννησης, κάτι αντίστοιχο με τις συστάδες *J. phoenicea*. Η παρούσα εργασία ως κύριο στόχο έχει να συμβάλλει στην διερεύνηση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει, ώστε να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπιση καταστάσεων που απειλούν την περαιτέρω υποβάθμισή του.

Υλικά και Μέθοδοι

Περιοχή Μελέτης

Το σύμπλεγμα των Στροφάδων Νήσων (37° 15' N, 21° 00') βρίσκεται 27 ν.μ νοτιώς της Ζακύνθου και σε ίση περίπου απόσταση (27 ν.μ) δυτικά της Πελοποννήσου (χάρτης 1). Νησιά του ανέμου και της αγιότητας, αποτελούν μικρό σύμπλεγμα, αποτελούμενο από τη νήσο Σταμφάνη ή Μεγάλο Στροφάδι, το μεγαλύτερο νησί με χερσαία έκταση περίπου 1,2 km², ενώ η νήσος Άρπια ή Μικρό Στροφάδι έχει έκταση 0,165 km². Το σύμπλεγμα συμπληρώνουν πολλές βραχονησίδες, οι οποίες αποτελούν βιότοπο για πολλά είδη της πλούσιας θαλάσσιας βιοποικιλότητας. Τα νησιά είναι επίπεδα, γι' αυτό ονομάζονται και «πλωτά νησιά» (το μεγαλύτερο υψόμετρο δεν ξεπερνάει τα 20 μέτρα στην περιοχή του φάρου). Η ονομασία των Στροφάδων συνδέεται με το μύθο των αρπυιών, οι οποίες ήταν φτερωτά τέρατα με κεφάλι γυναίκας και σώμα πουλιού.

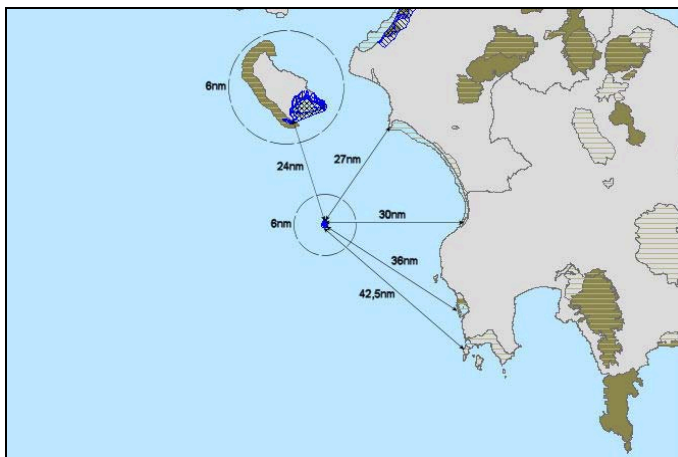
Οι ακτές τους είναι βραχώδεις, με ελάχιστες παραλίες με άμμο. Παλαιότερα το νησί ήταν πολύ εύφορο και κάλυπτε τις ανάγκες των 100 περίπου μοναχών της μονής. Τα 24 πηγάδια, τα οποία είναι διασκοπισμένα σε όλη την έκταση του νησιού επιβεβαιώνουν την έντονη γεωργική δραστηριότητα κατά το παρελθόν.

Στο βόρειο τμήμα της Σταμφάνης βρίσκεται το βυζαντινό Καστρομονάστηρο από τον 13^ο αιώνα (1241 μ.Χ). Στο νησί επίσης βρίσκονται δύο λιθόκτιστα εκκλησάκια και στο δυτικό τμήμα του, από το 1849 βρίσκεται ο φάρος των Στροφάδων, που αποτελούν σημαντικά ιστορικά και πολιτιστικά στοιχεία. Εκτός από τα κτίρια, στο νησί υπάρχουν δύο κυρίως φυσικές περιοχές: α) οι εγκαταλειμμένες καλλιέργειες και τα βοσκότοποι, χαρακτηρίζονται ως «πεδιάς» και β) ο «λόγγος», δασώδης περιοχή με διάφορα είδη μεσογειακής χλωρίδας και κυρίως του είδους *Juniperus phoenicea*.

Τα Στροφάδια αποτελούν μέρος του Εθνικού Θαλασσίου Πάρκου Ζακύνθου από το 1999 και η έκτασή όλου του συμπλέγματος είναι περίπου 2,5 km².

Το κλίμα είναι μεσογειακό, με δύο διαφορετικές εποχές. Την εποχή των βροχών (Οκτώβριος-Μάρτιος) και την εποχή της ξηρασίας (Απρίλιος - Σεπτέμβριος).

Σύμφωνα με τη μελέτη "Flora Ionica" (Karakitsos, S. Kamari, G, 2006), στη νήσο Σταμφάνη έχουν καταγραφεί 302 είδη χλωρίδας (64 οικογένειες).



Χάρτης 1. Η θέση των Στροφάδων νήσων στο Ιόνιο πέλαγος
Map 1. Location of Strofades Islands in the Ionian Sea



Εικόνα 1. Οι Στροφάδες Νήσοι
Figure 1. Strofades Islands

Μεθοδολογία

Προπεξεργασία Δορυφορικής Εικόνας

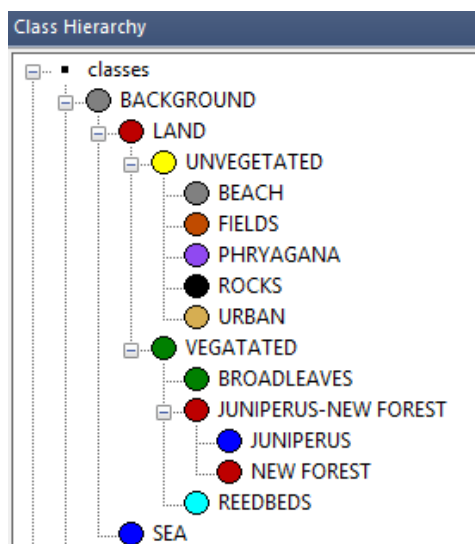
Η εκτίμηση της κάλυψης γης στα Στροφάδια βασίστηκε σε πολυφασματική εικόνα IKONOS, λήψης 2006. Η χωρική ανάλυση των τεσσάρων φασματικών ζωνών της εικόνας, δηλαδή της Μπλέ (0.4805), της Πράσινης (0.5505), της Κόκκινης (0.665) και της Εγγύς Υπερύθρου (0.805), βελτιώθηκε από 4m σε 1m μέγεθος εικονοστοιχείου, με την ενσωμάτωση της πανχρωματικής εικόνας η οποία χρησιμοποιήθηκε για όλες τις μετέπειτα αναλύσεις. Στη συνέχεια η εικόνα αυτή διορθώθηκε γεωμετρικά με τη χρησιμοποίηση Εδαφικών Σημείων Ελέγχου που είχαν συλλεχθεί στο πεδίο.

Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση

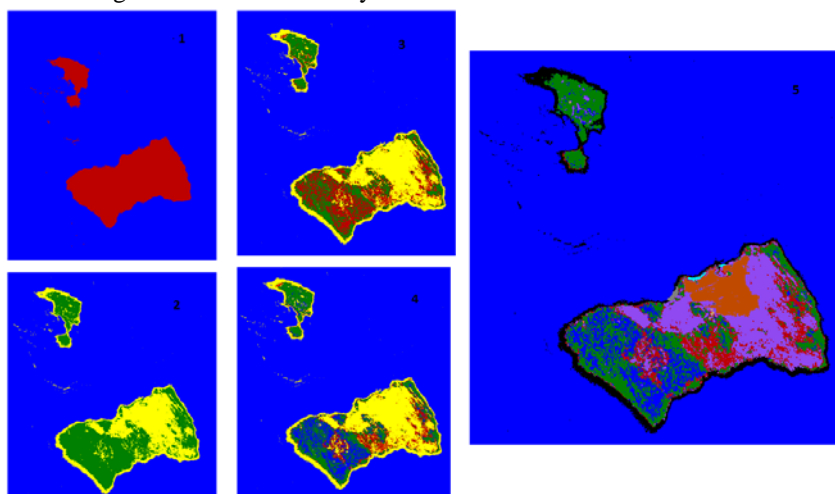
Το λογισμικό eCognition 9.0 χρησιμοποιήθηκε για την αντικειμενοστραφή προσέγγιση για την ταξινόμηση της εικόνας. Η εικόνα κατατάχθηκε σε αντικείμενα με τη χρήση του multi-resolution αλγόριθμου και οι τέσσερις μάντες χρησιμοποιήθηκαν ισάξια γι' αυτή την κατάτμηση. Η παράμετρος της κλίμακας είναι μια κρίσιμη απόφαση για την δημιουργία ουσιαστικών αντικειμένων και δοκιμαστικοί πειραματισμοί σε διαφορετικές κλίμακες είναι απαραίτητοι για να βρεθεί το καλύτερο αποτέλεσμα. Καθώς ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν να αναλυθεί η κατανομή των συστάδων του κεδροδάσους στα νησιά των Στροφάδων, διαμορφώθηκαν αντικείμενα με τιμή 5 (ως υπο - αντικείμενα της κλίμακας 10), ενώ για το κριτήριο της ομοιογένειας των αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκε τιμή για το σχήμα ως 0.8 και για το συμπαγές η τιμή 0,5 για να αντιπροσωπεύεται καλύτερα η ατομική μίξη ανάμεσα στο κεδροδάσος και στα δάση πλατυφύλλων.

Μετά την κατάτμηση της εικόνας, η ταξινόμηση των αντικειμένων σε κατηγορίες κάλυψης γης έγινε μέσα από μια ιεραρχημένη οργάνωση των τύπων κάλυψης τόσο με χρήση ασαφών συναρτήσεων συμμετοχής (*fuzzy membership functions*) όσο και με ταξινομητές (*Support Vector Machine - SVM*) με χρήση δειγμάτων εκπαίδευσης (εικ.2). Στο 1ο στάδιο η κλάση της "Θάλασσα" διαφοροποιήθηκε από την ξηρά με βάση τη μεταβλητή της ζώνης του εγγύς υπερύθρου (MeanNIR). Στο 2ο στάδιο, η ξηρά διαφοροποιήθηκε σε δύο γενικές κλάσεις ως "Βλάστηση" και "Μη Βλάστηση" με τη χρήση του δείκτη βλάστησης NDVI, όπου $NDVI = (NIR - Κόκκινο) / (NIR + Κόκκινο)$ με διαχωριστική τιμή NDVI μεγαλύτερο ή ίσο με 0,19 να χαρακτηρίζει τις περιοχές καλυμμένες με βλάστηση.

Σε 3ο στάδιο, με βάση την μεταβλητή NDVI - Πράσινη έγινε η διαφοροποίηση της βλάστησης σε δύο κύριες κατηγορίες α) "Πλατύφυλλα" στην οποία κυριαρχεί το Πουρνάρι (*Quercus coccifera*), αλλά υπάρχουν και συστάδες από *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis* κ.α. και β) "Κεδροδάσος - Αναγέννηση δάσους". Η τελευταία κατηγορία (4ο στάδιο), διαφοροποιήθηκε στη συνέχεια σε "Κεδροδάσος" και "Αναγέννηση δάσους" με τη χρήση δύο μεταβλητών του NDVI Και NIR/Πράσινη. Η διαφοροποίηση της υπερκατηγορίας "Μη Βλάστηση" σε "Φρύγανα", "Βραχώδη", "Αστικά" και "Καλλιέργειες" έγινε με τη βοήθεια του ταξινομητή SVM (5ο στάδιο). Αρχικά σημειικά δείγματα επιλέχθηκαν στη δορυφορική εικόνα IKONOS, που να αντιπροσωπεύουν τις παραπάνω κατηγορίες κάλυψης γης. Τα σημειικά δείγματα μετασχηματίστηκαν σε αντικειμενοστραφή δείγματα και χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την εκπαίδευση και εφαρμογή του αλγόριθμου SVM. Σε τελικό στάδιο, μια οπτική διόρθωση έγινε για να χαρακτηριστούν δύο κατηγορίες κάλυψης (μικρής έκτασης) ο "Καλαμιώνας" και η "Αμμώδης ακτή" (5ο στάδιο). Η τελική ταξινόμηση εξήχθηκε σε διανυσματική μορφή για περαιτέρω αναλύσεις (εικ. 3).



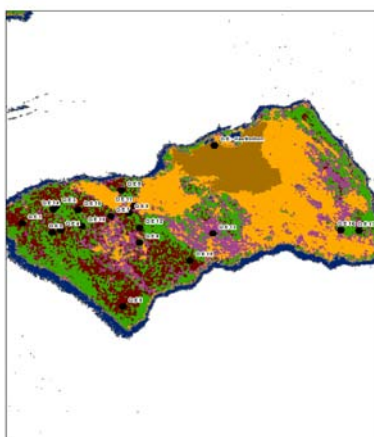
Εικόνα 2. Ιεραρχημένη οργάνωση των κατηγοριών κάλυψης γης στα Στροφάδια
 Figure 2. Class hierarchy in Strofadia Islands classification



Εικόνα 3. Πέντε στάδια ταξινόμησης για τα Στροφάδια με χρήση eCognition
 Figure 3. Classification steps using eCognition for Strofadia Islands

Δειγματοληψία στο κεδροδάσος *Juniperus phoenicea*

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε το Σεπτέμβριο του 2014. Πριν την έναρξη λήψης των δεδομένων πεδίου, προηγήθηκε αναγνώριση και εγκατάσταση των δειγματοληπτικών επιφανειών με την υποστήριξη του Γεωγραφικού Χαρτογραφικού Συστήματος (ArcGIS 9.0). Τοποθετήθηκαν 17 επιφάνειες, εκ των οποίων 14 στο Κεντρικό και Δυτικό τμήμα του νησιού και 3 στο Ανατολικό (εικ.4), όπου υπάρχουν μικρές συστάδες στις οποίες κυριαρχεί το είδος *Q.coccifera*. Οι επιφάνειες, ακτίνας 10 μέτρων, έχουν επιλεγεί έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν όλες τις πιθανές καταστάσεις του δάσους.



Εικόνα 4. Επιφάνειες δειγματοληψίας

Figure 4. Research Samples

Για την ανάλυση της δομής και των συνθηκών του δάσους *J. phoenicea*, χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία η οποία στηρίζεται στις μεθόδους απογραφής και ανάλυσης δάσους (FIA - Forest Inventory and Analysis) και Forest BIOTA με κάποιες τροποποιήσεις. Έγινε σήμανση των επιφανειών, ώστε να μπορούν να επαναληφθούν οι δειγματοληψίες, ενώ παράλληλα, με τη χρήση πρωτοκόλλου καταγραφής, χρησιμοποιήθηκε ειδικό πρόγραμμα GIS για tablet, με δυνατότητα καταχώρησης διαφορετικών δεδομένων (χαρτογραφικά, τοπογραφικά, φωτογραφικό υλικό, videos). Κατεγράφησαν τα εξής: γεωγραφικές συντεταγμένες της επιφάνειας, θέση, κατάσταση εδάφους, διάβρωση εδάφους, βάθος εδάφους, πέτρωμα, κάλυψη βράχων, πυκνότητα κάλυψης βλάστησης, είδη, σθηθιαία διάμετρος, ύψος δένδρων, ηλικία, όροφοι βλάστησης, αναγέννηση, επιπτώσεις από τη βοσκή ή άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (L. C. Jovellar Lacambra et al., 2013)

Η καταγραφή των ειδών, η κυριαρχία, η αφθονία και η κάλυψη της βλάστησης, εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο Braun-Blanquet. Η ετήσια αύξηση των δένδρων και η ηλικία τους μετρήθηκαν με τη χρήση στερεοσκοπίου, στο εργαστήριο του τομέα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Οικολογίας του Τμήματος Τεχνολογιών

Περιβάλλοντος, όπου έγινε και η στατιστική ανάλυση των δεδομένων από την ερευνητική ομάδα. Για τη μέτρηση της ηλικίας χρησιμοποιήθηκε η δενδροτρομπάνη (pressler), με την οποία πάρθηκαν δείγματα στο σθηθιαίο ύψος 1,30 m. Το ύψος των δένδρων μετρήθηκε με αποστασιόμετρο / δενδροϋψόμετρο LaserAce και η διάμετρος με την απλή διαμετροταινία.

Αποτελέσματα

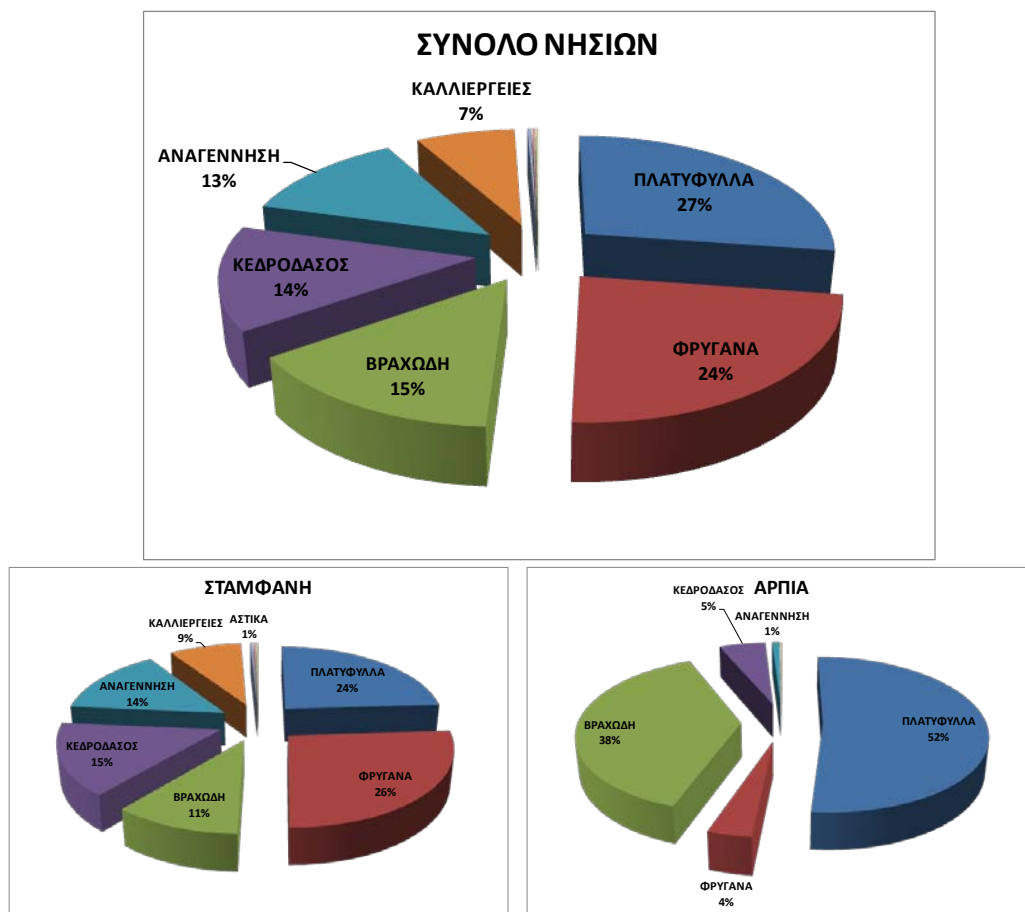
Αποτελέσματα ταξινόμησης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ταξινόμησης, παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο νησιών (διαγρ. 1,2,3). Η νήσος Σταμφάνη καλύπτεται σε ποσοστό 11% από βράχο, ενώ στη νήσο Αρπία η

καθαρή βραχώδης έκταση ανέρχεται στο 38%. Επίσης το ποσοστό του κεδροδάσους *J. phoenicea* διαφοροποιείται στα δύο νησιά (15% και 5% αντίστοιχα), όπως επίσης και το ποσοστό των αείφυλλων πλατύφυλλων, τα οποία στο μικρό νησί καλύπτουν το 52% της έκτασης, έναντι 24% στη νήσο Σταμφάνη. Μεγάλες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται επίσης στα φρύγανα και στην αναγέννηση.

Η διαφοροποίηση στην κάλυψη οφείλεται στο γεγονός ότι η νήσος Αρπία καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό από βράχο, δεν υπάρχει γόνιμο έδαφος και ποτέ στο παρελθόν δεν υπήρχαν καλλιέργειες ή παρεμβάσεις για αύξηση της καλλιεργούμενης έκτασης. Έτσι η απουσία εδάφους συνεπάγεται την απουσία υψηλού δενδρώδους δάσους και η μικρή παρουσία φρυγάνων (κοντά στη θάλασσα), οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπήρξαν στο παρελθόν καλλιεργητικές δραστηριότητες ή απομάκρυνση της βλάστησης για τη δημιουργία καλλιεργήσιμης γης. Στη νήσο Σταμφάνη, τα φρύγανα, όπως και η αναγέννηση κυρίως αείφυλλων πλατύφυλλων ειδών, εμφανίζονται κυρίως στους εγκαταλειμμένους αγρούς. Κατά το πρόσφατο παρελθόν η παρουσία των 100 και πλέον μοναχών, δημιουργούσε μεγάλες ανάγκες για καλλιέργεια και παραγωγή τροφίμων, η εγκατάλειψη της οποίας μετά την ερήμωση σχεδόν της Μονής, οδήγησε στην εγκατάσταση φρυγανικών ειδών.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης, επιβεβαιώνει και τα δεδομένα παρούσας της έρευνας, ότι δηλαδή το είδος *J. phoenicea* υποχωρεί έναντι των αείφυλλων πλατύφυλλων ειδών.

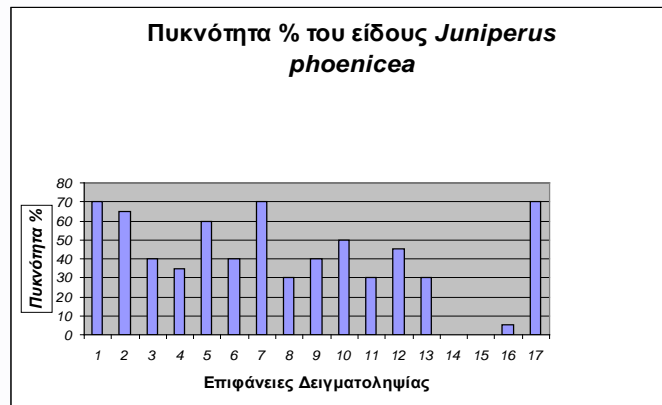


Διαγρ. 1,2,3: Αποτελέσματα ταξινόμησης εικόνας των Στροφάδων Νήσων
 Diagram 1,2,3: Image classification results of Strofades Islands

Η Βλάστηση

Η ανάλυση της βλάστησης δείχνει ότι το δάσος των Στροφάδων (νήσος Σταμφάνη) παρουσιάζει δύο μορφές. Στην πρώτη κυριαρχεί το *J. phoenicea*, μέσος όρος 64% (διάγρ.4), ενώ στη δεύτερη η παρουσία του είναι μικρότερη (μέσος όρος 36%) και κυριαρχούν τα αείφυλλα πλατύφυλλα είδη. Σε όλες σχεδόν τις επιφάνειες καταγράφεται η παρουσία των ειδών *Phillyrea latifolia* and *Pistacia lentiscus*, ενώ η παρουσία των ειδών *Murtus communis* και *Olea europea var. sylvestris* είναι πολύ μικρή (5-10%). Σε τρεις δειγματοληπτικές επιφάνειες (14,15,16) κυριαρχούν τα είδη *Quercus coccifera* σε ποσοστό πάνω από 50%, *Phillyrea latifolia* περίπου 20% και *Pistacia lentiscus* σε ποσοστό επίσης 20%. Στις παραπάνω επιφάνειες απουσιάζει σχεδόν

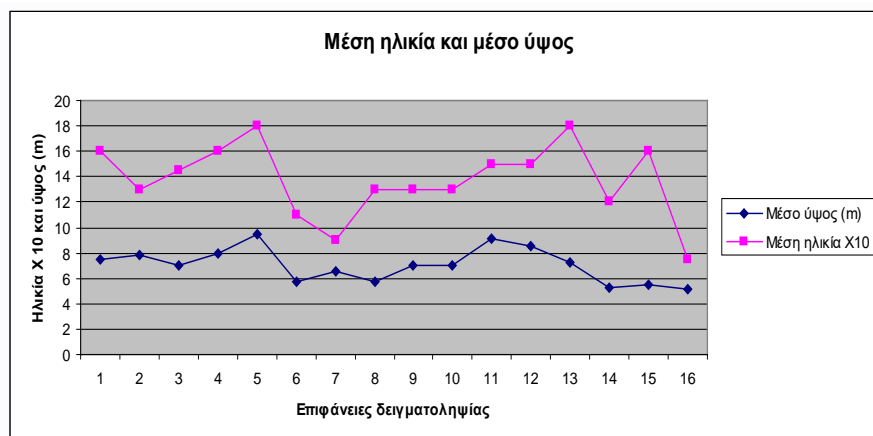
πλήρως το είδος *J. phoenicea*. Η συνολική πυκνότητα του δάσους στις περιοχές μελέτης, κυμαίνεται από 70 μέχρι 100%.



Διάγραμμα 4: Πυκνότητα του είδους *Juniperus phoenicea* στην περιοχή μελέτης
Diagram 4: Density of the species *Juniperus phoenicea* in the study area

Το ύψος των δένδρων

Το *J. phoenicea* έχει συνήθως τη μορφή δένδρου μικρού ύψους ή θάμνου. Η ανάλυση του ύψους του δάσους των Στροφάδων δείχνει ότι το ύψος κυμαίνεται από 6 έως 11 μέτρα (διάγρ. 5). Το ύψος των ειδών με τα οποία συνυπάρχει (*Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus* και *Phillyrea latifolia*) κυμαίνεται από 5,2 έως 7,5 m (διάγρ 2). Στα γηραιότερα άτομα παρατηρείται θραύση κορυφών, πιθανότατα από κεραυνούς, ενώ η κατάσταση του δάσους εμφανίζει έντονα σημάδια υποβάθμισης, ιδιαίτερα στις συστάδες όπου τα εδάφη είναι πολύ φτωχά ή έχουν υποστεί υποβάθμιση από την έντονη βοσκή. Το είδος *Pistacia lentiscus* έχει γενικά μικρό ύψος και εκτιμάται ότι μπορεί να καταταχθεί στους ψηλούς θάμνους.



Διάγραμμα 5: Μέση ηλικία και ύψος του είδους *Juniperus phoenicea* στην περιοχή μελέτης
Diagram 5: Age and height (average) of the species *Juniperus phoenicea* in the study area

Ηλικία και ετήσια αύξηση των δένδρων

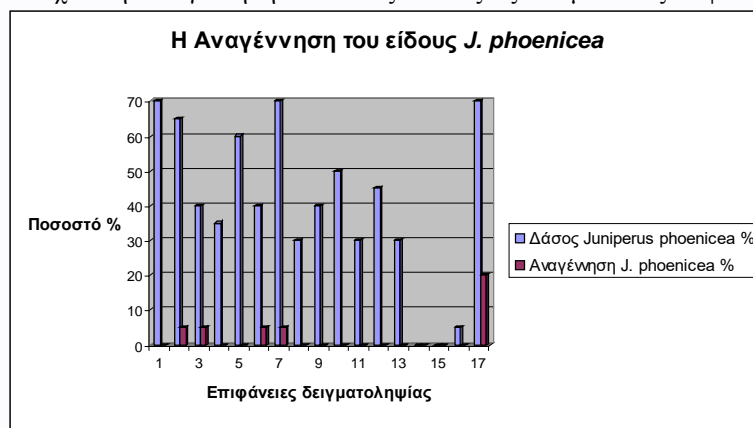
Η ηλικία του δάσους αποτελεί ένα από τις σημαντικότερες παραμέτρους σε μια μελέτη για τη δομή και την οικολογική του κατάσταση. Μελετώντας τους ετησίους δακτυλίους, εκτός από την ηλικία, παίρνουμε σημαντικά ερευνητικά δεδομένα για τις επιπτώσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων στο δάσος. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και οποιεσδήποτε άλλες καταστάσεις που επηρέασαν την αύξηση ή την υγεία του δένδρου, αποτυπώνονται στους ετησίους δακτυλίους (Schweinguber 1996), γεγονός που σύμφωνα με Mirtchev 1991, Mirtchev et al. 2000, καθιστά τη μέθοδο της δενδροχρονολόγησης ως την πλέον κατάλληλη για την μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την υγεία και την αύξηση των δένδρων. Στο δάσος *Juniperus* των Στροφάδων, η ηλικία των ενήλικων ατόμων κυμαίνεται από 70 μέχρι >140 έτη (διάγρ 5). Επισημαίνεται ότι σε όλα τα άτομα του είδους, μετά τα 120 ή 130 έτη, παρατηρείται σήψη του εγκάρδιου, γεγονός που καθιστά αδύνατη την ακριβή δενδροχρονολόγηση και η ηλικία μπορεί μόνο να εκτιμηθεί.

Από την μέτρηση και ανάλυση των ετησίων δακτυλίων φαίνεται ότι στις τις πρώτες δεκαετίες η αύξηση κυμαίνεται από 0,8 έως 1,4 mm, ενώ μετά την 5^η δεκαετία από 0,7 έως 0,9 mm. Από την 7^η ή 8^η δεκαετία, η ετήσια αύξηση μειώνεται σε 0,6 ή 0,7 mm. Τα άλλα είδη (*Quercus coccifera* και *Phillyrea latifolia*), παρουσιάζουν ετήσια αύξηση μεταξύ 0,7 και 0,9 mm, μέχρι την ηλικία των 100 χρόνων. Μείωση της ετήσιας αύξησης παρατηρείται μετά την ηλικία αυτή. Επιπλέον, το είδος *Quercus coccifera* δεν παρουσιάζει έντονη σήψη στο εγκάρδιο και μετρήθηκαν ηλικίες άνω των 220 ετών. Γενικά το είδος *Quercus coccifera* έχει μορφή μικρού υποβαθμισμένου δένδρου και περιορίζεται κυρίως στην ανατολική πλευρά του νησιού. Το δάσος παρουσιάζει καλύτερη ηλικιακή δομή, όμως είναι έντονα εμφανείς οι επιπτώσεις από την υπερβόσκηση, τόσο στην αναγέννηση, όσο και στα άτομα μικρής ηλικίας.

Κατάσταση φυσικής αναγέννησης

Η απουσία φυσικής αναγέννησης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα του κεδροδάσους (διάγρ.6). Ακόμα και στα εσωτερικά διάκενα μετρήθηκε ελάχιστη αναγέννηση (περίπου 5%), με έντονα σημάδια βόσκησης. Επιπλέον, στα όρια του δάσους παρατηρείται σταδιακή εισβολή άλλων αειφύλλων πλατύφυλλων ειδών, με εμφανή τον κίνδυνο σταδιακής μελλοντικής υποχώρησης του κεδροδάσους. Επιπλέον, η μικρή παρουσία νεαρών ατόμων δείχνει ότι δεν υπάρχει ικανοποιητική αναγέννηση τα τελευταία χρόνια. Για τη διερεύνηση των αιτιών χρειάζεται περαιτέρω μελέτη και συσχέτιση και με άλλους παράγοντες, παρότι φαίνεται ότι η υπερβόσκηση παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Συγκεκριμένα, στην επιφάνεια 17, ανοιχτή επιφάνεια με νέο δάσος δίπλα σε ώριμο δάσος κέδρου, παρότι δεν παρατηρήθηκαν έντονα σημάδια βόσκησης λόγω της μεγάλης πυκνότητας (*Juniperus* και αειφύλλα πλατύφυλλα), μετρήθηκε αναγέννηση κέδρου κάτω από 20% και εισβολή και συγκυριαρχία αειφύλλων πλατύφυλλων ειδών. Στις επιφάνειες (14,15 και 16) στις οποίες κυριαρχεί το είδος *Quercus coccifera* και *Phillyrea latifolia*, απουσιάζει σχεδόν πλήρως το είδος *Juniperus*, ενώ καταγράφηκε σημαντική αναγέννηση των κυρίαρχων ειδών, όλα όμως τα νεαρά άτομα παρουσιάζουν έντονα σημάδια υπερβόσκησης.

Επιπλέον, σε συνδυασμό με τα παραπάνω, σημαντικό ρόλο στην απουσία αναγέννησης παίζει και το έντονα βραχώδες τοπίο, με σχεδόν πλήρη απουσία εδάφους, κάτι που καταγράφηκε σε όλες τις επιφάνειες. Σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα, κατά τους προηγούμενους αιώνες, για την κάλυψη των αναγκών της Μονής Στροφάδων, αξιοποιούνταν από τη γεωργία κάθε τετραγωνικό μέτρο παραγωγικού εδάφους. Η έκταση του δάσους ήταν μικρότερη (χάρτης 2), ενώ παράλληλα φαίνεται ότι γίνονταν τακτικές αραιώσεις και καθαρισμοί για την κάλυψη των ατομικών αναγκών, γεγονός που ευνοούσε την αναγέννηση του έντονα φωτόφιλου είδους *Juniperus phoenicea*. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι η νεκρή βιομάζα που καταμετρήθηκε ήταν πολύ μικρή. Το παρακάτω διάγραμμα 3 δείχνει την αναγέννηση του είδους σε όλες τις δοκιμαστικές επιφάνειες.



Διάγραμμα 6: Η αναγέννηση στο δάσος *Juniperus phoenicea*
Diagram 6: Regeneration of the species *Juniperus phoenicea*

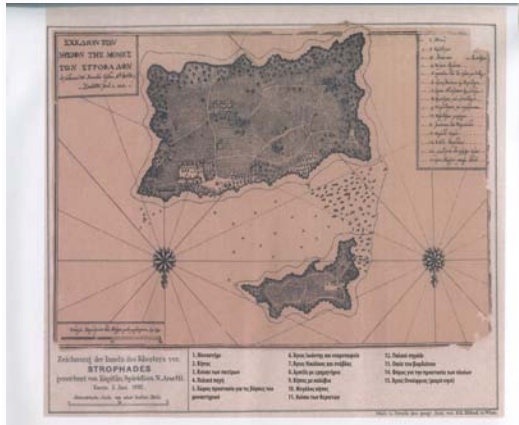
Συζήτηση – Συμπεράσματα

Ο βασικός σκοπός της διεξαγωγής της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει το κεδροδάσος των Στροφάδων Νήσων και η συμβολή της, μέσω των αποτελεσμάτων και προτάσεων, στη διατήρηση και στην προστασία του από την περαιτέρω υποβάθμιση. Πρόκειται για ένα σπάνιο οικοσύστημα ιδιαίτερης οικολογικής αξίας, το οποίο εμφανίζει έντονα σημάδια υποχώρησης και υποβάθμισης. Επιπλέον, το γεγονός ότι βρίσκεται σε ένα απομονωμένο μικρό νησιωτικό σύμπλεγμα, ενισχύει τη σημαντικότητά του, διότι η μελέτη τέτοιων οικοσυστημάτων μπορεί να συμβάλλει ευρύτερα στην επιστήμη της οικολογίας, της διατήρησης και της εξέλιξης των ειδών. (Magdy El-Bana et al, 2010; Davy and Jeffries, 1981; Primack, 1995).

Η μελέτη της δομής, της σύνθεσης, της κατανομής των ηλικιών και της αναγέννησής του κεδροδάσους, μας οδηγεί στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, τόσο για την οικολογική του κατάσταση, όσο και για την προστασία και διατήρησή του (de Kroon et al, 1986; Primack, 1995).

Η πυκνότητα του είδους *J. phoenicea*, στο εσωτερικό μέρος του δάσους, είναι κατά μέσο όρο 47% περίπου (από 30 μέχρι 70%). Από τη μελέτη και ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει είναι: Η διαίρεση του κορμού των δένδρων σε δύο, τρεις ή και περισσότερους κορμούς στο ύψος μεταξύ 0.50 cm και 1,2 m, η σήψη που παρατηρείται στο εγκάρδιο μετά την ηλικία των 120 με 130 χρόνων, η απουσία νεαρών ατόμων και η πλήρης σχεδόν απουσία αναγέννησης.

Η διάμετρος των δένδρων είναι μεταξύ 10 και 50 cm. Σε ελάχιστα άτομα μετρήθηκε διάμετρος >70 cm. Κυριαρχούν τα ώριμα και γηραιά άτομα, ενώ απουσιάζουν τα νεαρά, διαμέτρου κάτω των 7 cm, κάτι που μας



Χάρτης 2. Στροφάδες Νήσοι, 1842

Map 2. Strofades Islands, 1842

Πηγή: Loudovikos Salvator, 1902

οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα προβλήματα αναγέννησης έχουν ξεκινήσει αρκετές δεκαετίες πριν. Τα γηραιά άτομα είναι μη εύρωστα, με έντονη ξήρανση πολλών κλάδων και σήψη στον κορμό. Σε πολλές περιπτώσεις ασφυκτιούν από την έντονη παρουσία του είδους *Smilax aspera*. Γενικά, παρατηρείται έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των φωτόφιλων ειδών και η αναγέννηση του κεδροδάσους υστερεί έναντι των άλλων συγκυριαρχων ειδών. Στις περιπτώσεις νέου δάσους φαίνεται ότι κυριαρχούν τα άλλα φωτόφυλλα είδη εις βάρος του κεδροδάσους.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων, συνδέονται και τεκμηριώνονται και από το γεγονός ότι κατά τους προηγούμενους αιώνες η Μονή των Στροφάδων φιλοξενούσε πολλούς μοναχούς, οι οποίοι για τη διαβίωσή τους αξιοποιούσαν σε μεγάλο βαθμό τους φυσικούς πόρους του νησιού. Όπως αναφέρει ο Loudovikos Salvator, 1900, στο βιβλίο του «Zante, Incredible tour in Zakynthos and Strofadia», στο μοναστήρι των Στροφάδων κατοικούσαν πάνω από 100

μοναχοί. Υπήρχαν καλλιεργούμενες εκτάσεις και στο δάσος φαίνονται μεγάλες αραιώσεις για την κάλυψη των ατομικών αναγκών τους. Σε χάρτη του 1846 (χάρτης 2) αποτυπώνεται καθαρά ότι το κεδροδάσος ήταν μικρότερης έκτασης και με αραιότερη μορφή από τη σημερινή.

Συμπερασματικά, η ανάλυση των δεδομένων δείχνει ότι το κεδροδάσος των Στροφάδων, το οποίο αποτελεί σπάνιο μνημείο της φύσης και μεγάλης οικολογικής αξίας σε ένα απομονωμένο και περιορισμένης έκτασης νησιωτικό περιβάλλον, απειλείται και παρουσιάζει έντονα σημάδια υποβάθμισης. Η απουσία αναγέννησης, η βοσκή από τις ελεύθερες αίγες και η σταδιακή κυριαρχία των άλλων αείφυλλων πλατύφυλλων ειδών, δύναται να οδηγήσει στην περαιτέρω υποβάθμισή του. Παράλληλα, η μη συστηματική παρακολούθηση του σημαντικού αυτού οικοσυστήματος ενδέχεται να επιφέρει μη αναστρέψιμες οικολογικές διαταραχές.

Ως εκ τούτου, προτείνουμε η συνέχιση της έρευνας, με τη συνεργασία του ΕΘΠΖ και άλλων ερευνητικών φορέων, καθώς και τη Μητρόπολη Ζακύνθου και Στροφάδων η εγκατάσταση και περιφράξη μόνιμων ερευνητικών επιφανειών για την συνεχή παρακολούθηση της πορείας της αναγέννησης και των επιπτώσεων από τη βοσκή. Παράλληλα προτείνεται η διερεύνηση πιθανών κλιματικών επιπτώσεων στην αναγέννηση, την αύξηση ή την επικράτηση άλλων μεσογειακών αείφυλλων ειδών.

Ο στόχος, τόσο της παρούσας έρευνας, όσο και του μελλοντικού σχεδιασμού της ερευνητικής ομάδας, είναι η συμβολή μας στην αποτελεσματική προστασία και διατήρησή των οικοσυστημάτων των Στροφάδων Νήσων και κυρίως του κεδροδάσους *J. phoenicea*, με τη λήψη των ενδεδειγμένων και επιστημονικά τεκμηριωμένων διαχειριστικών μέτρων.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε το ΕΘΠΖ για τη συνεργασία που είχαμε και για την παραχώρηση της σχετικής άδειας για τη συλλογή των δεδομένων πεδίου στην προστατευόμενη περιοχή των Στροφάδων. Επιπλέον ευχαριστούμε την Ιερά Μητρόπολη Ζακύνθου και Στροφάδων για τη φιλοξενία που μας παρείχε στις εγκαταστάσεις της στο νησί κατά τη διάρκεια των εργασιών. Τέλος ευχαριστούμε τους εθελοντές Θεοφάνη Μαρτίνη, Χαρίκλεια Μινώτου, Παυλίνα Αλεξανδροπούλου και το προσωπικό φύλαξης του Πάρκου για την πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχαν στο πεδίο.

Abstract

The islands Strofades are part of the National Marine Park of Zakynthos and considered to be islands of oceanic type, with high ecological value. In this paper we analyze the structure and regeneration state of cedar forest *Juniperus phoenicea* located in the island. Aim of this paper is to take management measures for the protection and preservation of the forest. For this research were used multispectral and panchromatic images (ikonos) in order to estimate the coverage categories. To analyze the structure and condition of the cedar forest regeneration -after classifying the cover classes-, were settled 17 test surfaces on the most representative locations so that the measurements would show the average quality and condition of clusters. Fourteen of the seventeen areas were dominated by *J. phoenicea*, while in the remaining three the predominant species is *Quercus coccifera*, in mix with the types of *Phillyrea latifolia* and *Pistacia lentiscus*. By studying and analyzing the data we found that: 1) the population is dominated by degraded individuals who in their majority are poorly formed and have rotting heartwood, 2) on most surfaces natural regeneration is completely absent, due to both the strong rocky surface of the ground and the absence of soil, as long as the goats grazing free on the island, 3) gradual dominance of broadleaf evergreen against *Juniperus phoenicea*, 4) there is need for immediate adoption of management measures for the protection and preservation of the cedar forest.

Keywords: Protected area, image classification, Juniperus phoenicea, forest structure, regeneration

Βιβλιογραφία

- Davy, A.J., Jeffries, R.L., 1981. Approaches to the monitoring of rare plant populations. In: Syngé, H. (Ed.), *The Biological Aspects of Rare Plant Conservation*. Wiley, Cambridge, pp. 219–232.
- De Kroon, H., Plaisser, A., van Groenendael, J., 1986. Elasticity: the relative contribution of demographic parameters to population growth rate. *Ecology* 67, 1427–1431.
- Eriksson, O., 1996. Regional dynamics of plants: a review of evidence for remnant, source-sink and metapopulations. *Oikos* 77, 248–258
- Gausson, H., 1968. *Les Cupressacées Fasc. Xin Les Gymnospermes Actuelles et Fossiles*. Lab. Forest University Toulouse, France
- Fernandez-Palacios J.M., Otto R., Delgado J.D., Arevalo J.R., Morici C., Gonzalez-Artiles F., Naranjo A., and Barone, R. 2008. Los bosques termófilos de Canarias. *Cabildo Insular de Tenerife/ IFE Natura*, 192 p.
- Harper, J.L., 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
- Lesica, P., Allendorf, F.W., 1995. When are peripheral populations valuable for conservation. *Conserv. Biol.* 9, 753–760.
- Kambiz, T.A., Farhad, F.K., Jahdi, R., Bahman, S.F., 2012. Structure and Regeneration of *Juniperus polycarpos* C. Koch in Alborz Mountains, Iran, *J. Basic. Appl. Res.*, 2(6)5993-5996.
- Karakitsos, S. Kamari, G., 2006. “Flora Ionica”: Recording the flora of the Ionian islands and the phytogeographical connections between them. University of Patra.
- Karris, G., Thanou, E., Xyroychakis S., Voulgaris, D., Sfenthourakis, S., Giokas, S., 2013. Sex Determination of Scopoli’s Shearwater (*Calonectris diomedea*) Juveniles: A Combined Molecular and Morphometric Approach, *BioOne Research Evolved*.
- L. C. Jovellar Lacambra, L. Fernandez de Una, M. Mezquita Santos, F. Bolanos Lopez de Lerma, V. Escudero San Emeterio, 2013, Structural characterization and analysis of the regeneration of woodlands dominated by *Juniperus oxycedrus* L. in west-central Spain, *Plant Ecol* (2013) 214:61–73 DOI 10.1007/s11258-012-0146-x
- Loudovikos Salvator, 1900, Zante, Incredible tour in Zakynthos and Strofadia, 415, 416.
- Magdy, E.B., Kamal, S., Ahmed, K., Hosni, M., 2010. Ecological status of the Mediterranean *Juniperus phoenicea* L. Relicts in the desert mountains of North Sinai, Egypt, Elsevier, *Flora* 205, 171,178
- Rojas, M., 1992. The species problem and conservation: what are we protecting?. *Biol. Conserv.* 3, 206–208.
- Schweingruber FH (1996) *Tree-rings and environment dendroecology*, Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Berne
- Scott, J.M., Murray, M., Wright, R.G., Csuti, B., Morgan, P., Pressey, R.L., 2001. Representation of natural vegetation in protected areas: capturing the geographic range. *Biodiv. Conserv.* 10, 1297–1301.
- Fritts HC (1976) *Tree rings and climate*. Academic, New York
- Jones, B., Gliddon, C., Good, J.E., 2001. The conservation of variation in geographically peripheral populations: *Lloydia serotina* (Liliaceae) in Britain. *Biol. Conserv.* 101, 147–156.
- Rudiger, O. Krussi, Bertil O. K. Juan, D. Delgado, Jose Maria Fernandez-Palacios, Eduardo Garcia-Del-Rey, Jose Ramon Arevalo, 2010. Regeneration niche of the Canarian juniper: the role of adults, shrubs and environmental conditions, *Ann. For. Sci.* 67 (2010) 709
- Phitos, D., Strid, A., Snogerup, S., Grewter, W. (eds) 1995: *The red data book of rare and threatened plants of Greece*. - WWF, Athens
- Pressey, R.L., Humphries, C.J., Margules, C.R., Vanewright, R.I., Williams, P.H., 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends Ecol. Evol.* 8, 124–128.
- Pressey, R.L., Johnson, I.R., Wilson, P.D., 1994. Shapes of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a conservation goal. *Biol. Conserv.* 3, 242–262.
- Primack, R.B., 1995. *A Primer of Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland.
- Quezel P., Barbero M. 1981. Contribution a l’ etude des formations pre-steppiques a Genevriers au Maroc. *Boletim da Sociedade Broteriana* 53: 1137 - 1160.
- Quezel P., Barbero M., Benabid A., Rivas-Martinez S. 1992. Contribution a l’ etude des groupements forestiers et preforestiers du Maroc oriental. *Studia Botanica* 10: 57 - 90.
- Quezel P., Medail F. 2003. *Ecologie et biogeographie des forêts du bassin mediterraneen*. Elsevier, Paris, 572 pp.
- Touchan, R., Meko, D.M., Hughes, H., 1999. A 396-year reconstruction of precipitation in southern Jordan. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 35, 45–55.
- Waisel, Y., Lipshitz, N., 1968. Dendrochronological studies in Israel. II. *Juniperus phoenicea* of northern and central Sinai. *La-Yaaran* 18, 63–67