

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ-ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ II**

**ΠΡΟΤΥΠΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ, ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΝΙΔΑΣ
ΣΕ ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΑ ΟΡΕΙΝΑ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΑ**

Η βιοποικιλότητα σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο μειώνεται με έντονο ρυθμό εξαιτίας των άμεσων και έμμεσων συνεπειών των ανθρώπινων δραστηριοτήτων

Σήμερα, οι κυριότερες απειλές για την επιβίωση πληθυσμών και ειδών, είναι η απώλεια και ο κερματισμός των ενδιαιτημάτων, με ρυθμό που ποικίλει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή

Κερματισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία μια μεγάλη έκταση ενός βιοτόπου μετατρέπεται σε έναν αριθμό μικρότερων τεμαχίων μικρότερης συνολικής έκτασης, τα οποία είναι απομονωμένα μεταξύ τους από τμήματα άλλου τύπου βιοτόπου που είναι τελείως διαφορετικός από τον αρχικό

Η διαδικασία του κερματισμού περιλαμβάνει τέσσερις επιπτώσεις:

- α) μείωση της έκτασης του αρχικού βιοτόπου,
- β) αύξηση του αριθμού των τεμαχίων του βιοτόπου,
- γ) μείωση του μεγέθους των τεμαχίων και
- δ) αύξηση της απομόνωσης των τεμαχίων

Η αύξηση του κερματισμού μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις οι οποίες διαφέρουν από είδος σε είδος

Για παράδειγμα, το μέγεθος κάθε τεμαχίου μπορεί να είναι πολύ μικρό για να στηρίξει έναν πληθυσμό ή τον ζωτικό χώρο ενός ατόμου

Επίσης, είδη που δεν μπορούν να διασχίσουν ένα διαφορετικό τύπο βιοτόπου απομονώνονται σε έναν αριθμό πολύ μικρών τεμαχίων μειώνοντας έτσι το μέγεθος του συνολικού πληθυσμού και την πιθανότητα επιβίωσης

Στο επίπεδο του τοπίου, οι συνολικές επιπτώσεις δεν είναι πάντοτε αρνητικές

Από μελέτες που έχουν γίνει φαίνεται ότι οι επιπτώσεις μπορεί να είναι εξίσου θετικές όσο και αρνητικές

Οι θετικές επιπτώσεις μπορεί να οφείλονται:

- στην αποφυγή ανταγωνισμού
- στη μεγαλύτερη δυνατότητα εύρεσης καταφυγίων από τα θηράματα
- στη διαφορεική χρήση των ενδαιτημάτων από τα διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια ενός οργανισμού

Η συνδυασμένη μελέτη της οικολογίας και της γενετικής των εναπομεινάντων πληθυσμών σε κερματισμένα ενδιαιτήματα έχει καταστεί θέμα αιχμής στη διαχειριστική οικολογία και έχει αναδειχθεί ένα νέο συνθετικό πεδίο της βιολογίας :

η μεταπληθυσμιακή βιολογία

Η μεταπληθυσμιακή βιολογία αποτελεί ένα ισχυρό ερευνητικό πεδίο αιχμής που συνδέεται τόσο με την οικολογία τοπίων όσο και με την βιολογία της διατήρησης

Αντικείμενο του προγράμματος ήταν η συνδυασμένη οικολογική και γενετική μελέτη συστημάτων μεταπληθυσμών ζωικών ομάδων που διαβιούν σε κερματισμένα και απειλούμενα ορεινά ενδιαιτήματα υψηλής αξίας βιοποικιλότητας, με στόχους:

- 1) την εκτίμηση της ποικιλότητας και της δυναμικής αυτών των μεταπληθυσμών καθώς και των δημογραφικών και γενετικών αιτίων της μείωσης ή εξαφάνισής τους
- 2) τη διαμόρφωση ρεαλιστικών και τεκμηριωμένων προτάσεων διαχείρισης απειλούμενων πληθυσμών, ειδών και ενδιαιτημάτων

Προσδιορίστηκαν 4 ερευνητικά αντικείμενα, εκ των οποίων το αντικείμενο #1 αποτελεί τον πυρήνα της μελέτης και παρέχει το πλαίσιο για τα πιο εξειδικευμένα ερευνητικά αντικείμενα #2 - #3, και για το εφαρμοσμένο αντικείμενο #4.

Αντικείμενο #1: Συγκριτική καταγραφή και μελέτη των γενετικών, δημογραφικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων πληθυσμών που διαβιούν σε διαφορετικού βαθμού κερματισμένα ορεινά ενδιαιτήματα.

Αντικείμενο #2: Ανάλυση της μορφολογικής και γενετικής δομής και ποικιλότητας σε επιλεγμένους μεταπληθυσμούς με στόχο τον προσδιορισμό οικολογικών προσαρμογών, του βαθμού τοπικής απομόνωσης και των προτύπων μετανάστευσης και στρατηγικών διαβίωσης.

Αντικείμενο #3: Προσδιορισμός των μεταπληθυσμιακών προτύπων για τα μελετούμενα είδη και εκτιμήσεις της επίδρασης του κερματισμού των ενδιαιτημάτων στη διαμόρφωση τους.

Αντικείμενο #4: Διαμόρφωση πλαισίου κανόνων προστασίας και διαχείρισης των απειλούμενων μεταπληθυσμών και των ενδιαιτημάτων τους

Η ερευνητική ομάδα αποτελέσθηκε από:

ΔΕΠ: Αναστάσιος Λεγάκις (επιστημονικός υπεύθυνος)
Ρόζα-Μαρία Τζαννετάτου-Πολυμένη

Έμπειροι ερευνητές: Δρ. Σίνος Γκιώκας
Δρ. Κωνσταντίνος Σωτηρόπουλος

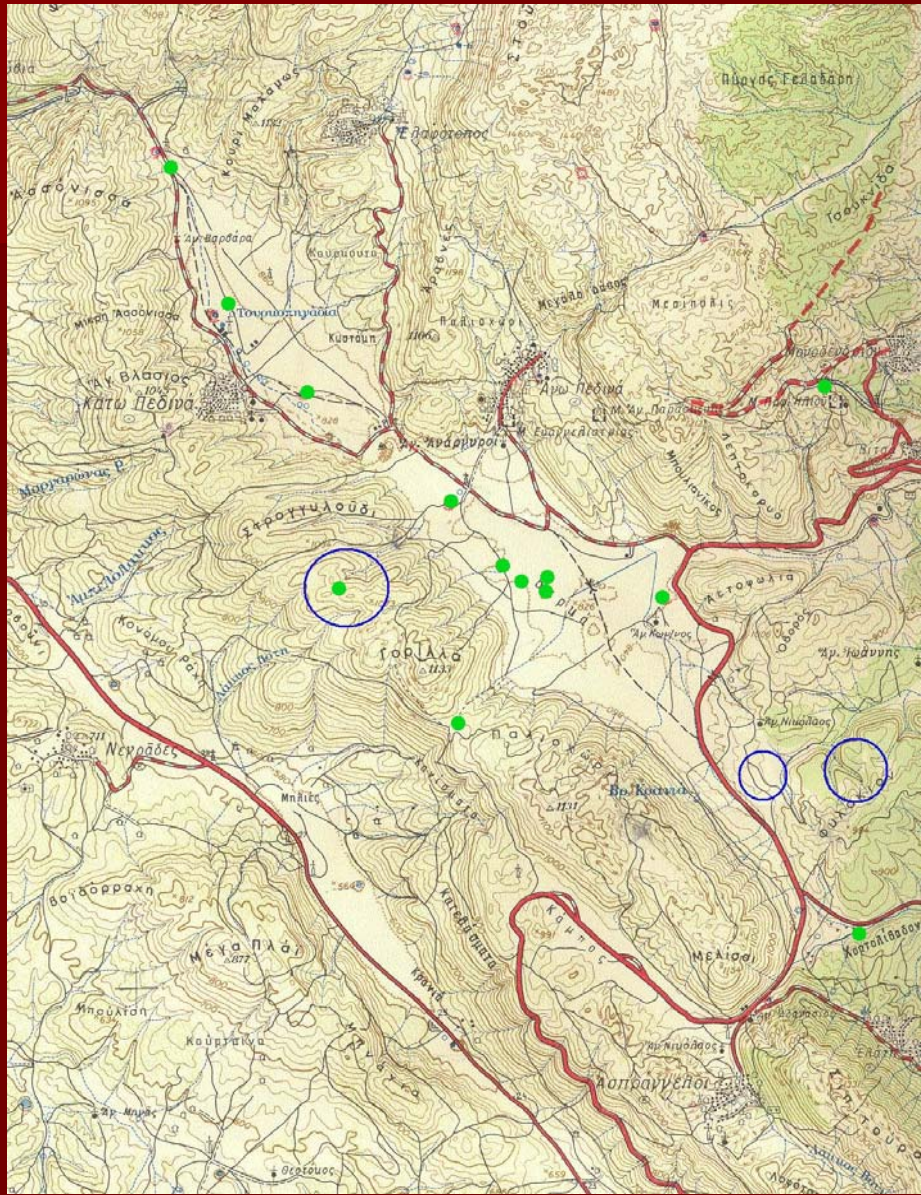
Νέοι ερευνητές: Χρήστος Γεωργιάδης, M.Sc. Βιολογίας
Ιωάννης Αναστασίου (βιολόγος)
Δημήτριος Τσαπάρης (βιολόγος)
Κάρολος Ελευθεράκος (φοιτητής βιολογίας)

Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης αφορά ορεινά οικοσυστήματα της περιοχής του Ζαγορίου (Ήπειρος).

Χαρακτηρίζεται από γεωλογική, οικολογική και τοπιακή ποικιλία, ασυνέχεια και κατακερματισμό.

Πρόκειται για μια περιοχή ορεινών κοιλάδων, ψηλών κορυφών (Γκαμήλα 2480 m), χαμηλών βουνών και οροπεδίων που βρίσκεται πάνω στη βόρεια Πίνδο



ΚΛΙΜΑ

Μεγάλες βροχοπτώσεις
Έντονες χιονοπτώσεις
Χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα

Το κλίμα γενικά είναι δριμύ ηπειρωτικό με σχεδόν ανύπαρκτες τις ενδιάμεσες εποχές (άνοιξη-φθινόπωρο) και μικρό καλοκαίρι (μόλις 20-30 ημέρες το χρόνο)

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Δάση φυλλοβόλων και κωνοφόρων με σημαντικά
ενδοδασικά διάκενα,
Βοσκότοποι,
Καλλιέργειες,
Ποταμοί και ρέματα,
Διασκορπισμένοι οικισμοί

Κυρίαρχο είδος των εκτεταμένων πλατύφυλλων δασών είναι η **πλατύφυλλη δρυς** (*Quercus frainetto*)

Δασωμένες εκτάσεις με **πουρνάρι** *Quercus coccifera* και *Juniperus communis*

Στα ανώτερα υψόμετρα η **υβριδογενής ελάτη** (*Abies borisii-regis*) σχηματίζει αμιγείς συστάδες ή μικτές συστάδες με **μαύρη πεύκη** (*Pinus nigra*), **οξυά** (*Fagus sylvatica*) και διάφορα είδη φυλλοβόλων δρυών

Οι όχθες των ποταμών καλύπτονται από εκτεταμένα παρόχθια δάση με είδη **ιτιάς** (*Salix sp.*) και **λεύκας** (*Populus sp.*) καθώς και με μερικά άτομα **πλάτανου** (*Platanus orientalis*)

Η περιοχή είναι πολύ σημαντική τόσο για τη χλωρίδα όσο και για την πανίδα της (Εθνικός Δρυμός και Περιοχή του Δικτύου ΦΥΣΗ 2000) με χαρακτηριστικά υψηλά ποσοστά ενδημισμού και θεωρείται «θερμό σημείο» βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση της τουριστικής και οικοδομικής δραστηριότητας με συνέπειες τον περαιτέρω σταδιακό κερματισμό των φυσικών ενδιαιτημάτων και την υποβάθμισή τους σε αρκετές περιπτώσεις, γεγονός που καθιστά ιδιαίτερα σημαντικές τις μελέτες ανάλυσης αυτών των επιπτώσεων στην πανίδα και χλωρίδα της περιοχής

ΟΜΑΔΕΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

- Αμφίβια,
- Κολεόπτερα,
- Μυρμήγκια,
- Χερσαία μαλάκια

Σε επιλεγμένα συστήματα μεταπληθυσμών έγινε:

δημογραφική, γενετική & μορφολογική ανάλυση,
ανάλυση διασποράς,
εκτίμηση γονιδιακής ροής, και
εκτίμηση βιωσιμότητας πληθυσμών

Ζωική Ομάδα	Είδη στόχοι	Ενδιαιτήματα στόχοι	Περιοχή μελέτης
Χερσαία μαλάκια	Είδη & πληθυσμοί της οικογένειας <i>Clausiliidae</i>	Ασβεστολιθικά συγκροτήματα λιθώνων	Περιοχή Ζαγορίου
Κολεόπτερα	Είδη & πληθυσμοί της οικογένειας <i>Carabidae</i>	Δασικά ενδιαιτήματα, ενδοδασικά διάκενα, μακία	Περιοχή Ζαγορίου
Μυρμήγκια	Είδη & πληθυσμοί της οικογένειας <i>Formicidae</i>	Δασικά ενδιαιτήματα, ενδοδασικά διάκενα, μακία	Περιοχή Ζαγορίου
Αμφίβια	Είδη & πληθυσμοί του γένους <i>Triturus</i>	Μόνιμες και εποχικές υδατοσυλλογές	Περιοχή Ζαγορίου

ΟΥΡΟΔΗΛΑ ΑΜΦΙΒΙΑ

Γενετική διαφοροποίηση

Mesotriton alpestris



Ισχυρή διαφοροποίηση και μεγάλες απομονώσεις στα Βαλκάνια και ιδιαίτερα στον Ελλαδικό χώρο

Πρότυπα διαφοροποίησης που αναδεικνύουν την ανάγκη προστασίας και διατήρησης ιδιαίτερα των περιφερειακών πληθυσμών του είδους

Triturus carnifex





Lissotriton vulgaris



Δύο μεταπληθυσμοί των παραπάνω ειδών, οι οποίοι συγκροτούνται από μικρότερες αναπαραγωγικές μονάδες – δήμους και οι οποίες διασπείρονται σε ένα δίκτυο μόνιμων ή εποχικών υδατοσυλλογών σε μια έκταση ~40 τετρ. χιλιομέτρων. Η μεταξύ τους απόσταση κυμαίνεται από λίγες δεκάδες μέτρα (~40μ.) έως ~9 χιλιόμετρα



Εκτίμηση του μεγέθους των υποπληθυσμών καθενός από τα είδη:

Από λίγες δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες άτομα σε κάθε υποπληθυσμό

Συλλογή ιστών από περίπου 850 άτομα και των 2 ειδών

Καταγραφή σειράς παραμέτρων του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος κάθε υδατοσυλλογής

Συσχέτιση μεγέθους και πυκνότητας υποπληθυσμού με βιοτικές και αβιοτικές παραμέτρους

Ανεύρεση πιθανών χωρικών προτύπων

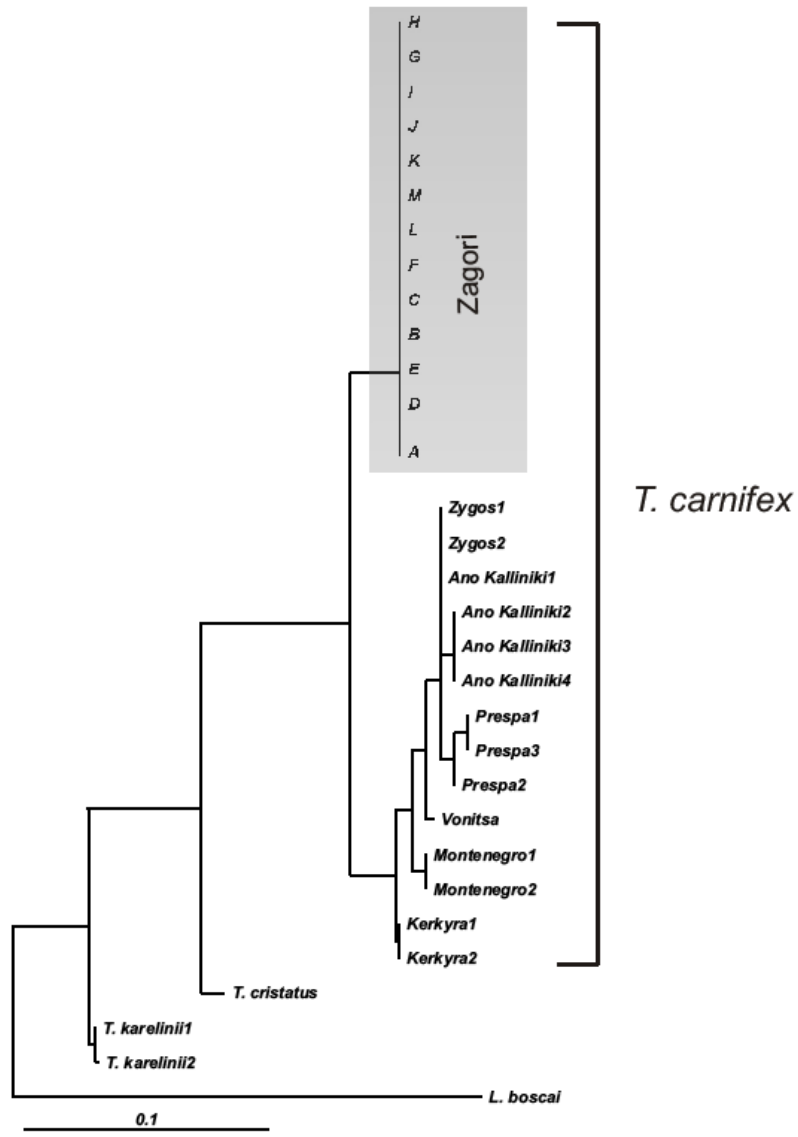
ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Μιτοχονδριακό DNA

Ανυπαρξία διαφοροποίησης σε μικρή χωρική κλίμακα

Σύγκριση με ευρύτερη περιοχή εξάπλωσης:

Για το *T. carnifex* οι πληθυσμοί του Ζαγορίου συγκροτούν ιδιαίτερο κλάδο ο οποίος αποτελεί διακριτό και παλιά διαφοροποιημένο κλάδο μέσα στο είδος



Μικροδορυφορικό DNA

Ανάπτυξη εκκινητών (σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Γενετικής του ΕΛΚΕΘΕ στην Κρήτη)

Δημιουργία cDNA βιβλιοθήκης με τη μέθοδο του εμπλουτισμού

Συνολικά εξετάστηκαν 600 κλώνοι/είδος για μικροδορυφορικές επαναλήψεις και τελικώς σχεδιάστηκαν 60 ζεύγη εκκινητών

Επιλέχθηκαν τελικώς 24 ζεύγη εκκινητών (13 για το *T. carnifex* και 11 για το *L. vulgaris*) με τους οποίους θα ακολουθήσει η γονοτύπηση όλων των ατόμων για την παραγωγή του τελικού dataset

Οι αναλύσεις που πρόκειται να ακολουθήσουν και τα ερωτήματα που θα εξεταστούν περιλαμβάνουν:

α) διερεύνηση της λεπτομερούς γενετικής δομής και οργάνωσης των δύο μεταπληθυσμών, δηλ. την εκτίμηση των επιπέδων ποικιλότητας και την κατανομή των γονοτυπικών συχνοτήτων εντός των δήμων κάθε είδους,

β) έλεγχο του βαθμού απομόνωσης μεταξύ των δήμων παρά την ενδεχόμενη υφιστάμενη γονιδιακή ροή λόγω μετανάστευσης,

γ) ποσοτικοποίηση της πρόσφατης γονιδιακής ροής μεταξύ των δήμων με γνωστό N (μέγεθος),

δ) προσδιορισμό του δραστικού μεγέθους τους καθώς και του αριθμού των πιθανών μεταναστών μετά από συνεκτίμηση τόσο της γονιδιακής εκτροπής όσο και του ρυθμού μετανάστευσης

ε) εκτίμηση του ρόλου των φραγμάτων στη διασπορά (πχ. δρόμοι) ή των διαδρόμων επικοινωνίας (πχ. αρδευτικά και αποστραγγιστικά κανάλια, εποχικές πλημμύρες) στα παρατηρούμενα χωρικά πρότυπα οργάνωσης της γενετικής ποικιλότητας

ΚΟΛΕΟΠΤΕΡΑ CARABIDAE

Περιοχές μελέτης

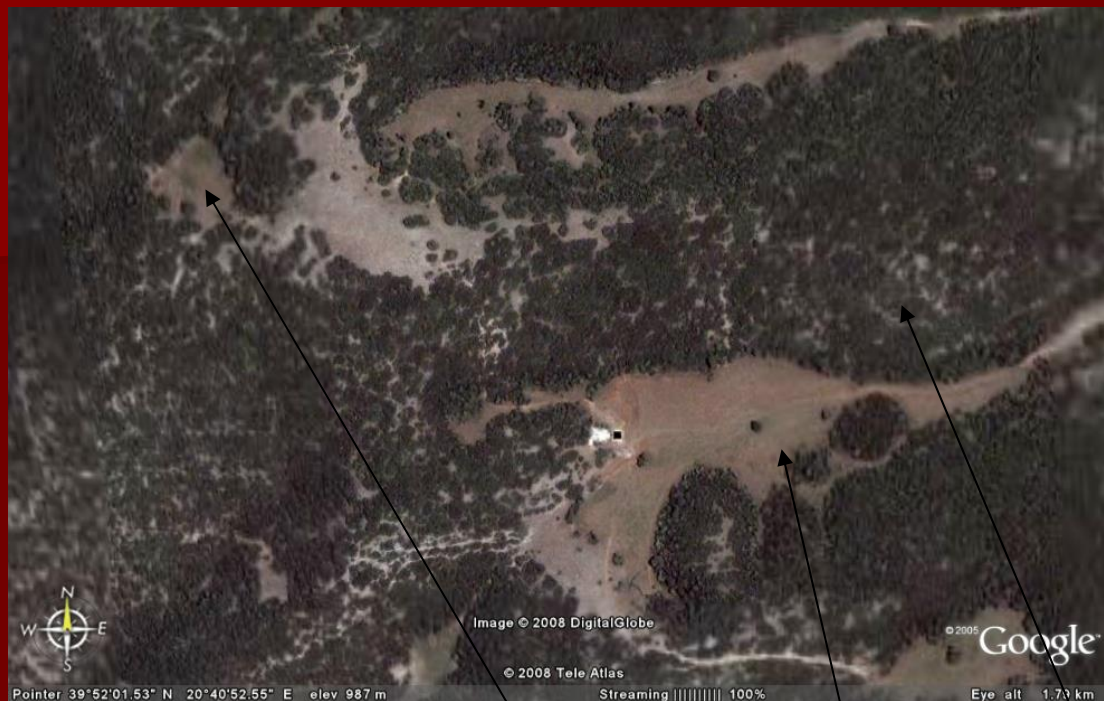
Μακία ξέφωτο

Μακία

Βελανιδιές ξέφωτο

Δάσος βελανιδιών

Λιβάδι



2^ο ξέφωτο

1^ο ξέφωτο

Αμυγής
μακία

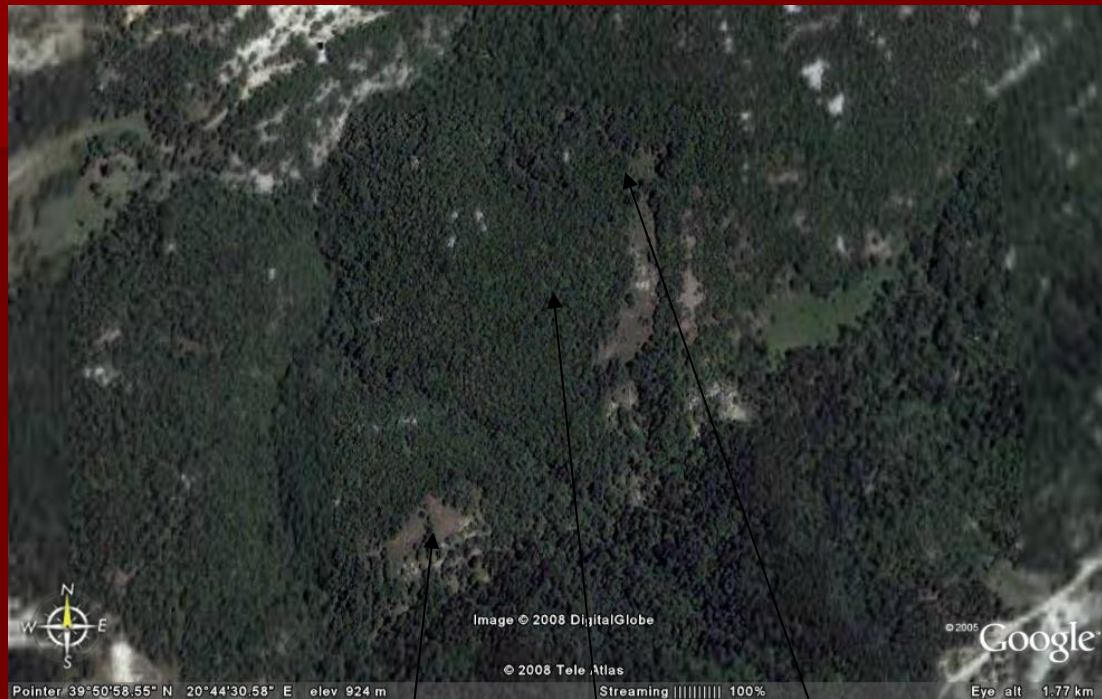


Image © 2008 DigitalGlobe

© 2005 Google

Pointer 39°50'58.55" N 20°44'30.58" E elev 924 m

© 2008 Tele Atlas

Streaming ||||| 100%

Eye alt 1.77 km

1° ξέφωτο

Δάσος
βελανιδιάς

2° ξέφωτο



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

10 παγίδες παρεμβολής σε κάθε περιοχή
Καλοκαίρι και φθινόπωρο



Στην περιοχή μελέτης καταγράφηκαν 10 είδη της οικογένειας Carabidae:

Carabus preslii

Myas chalybaeus

Calathus sp. 1

Calathus sp. 2

Pterostichus sp.

Amara sp.

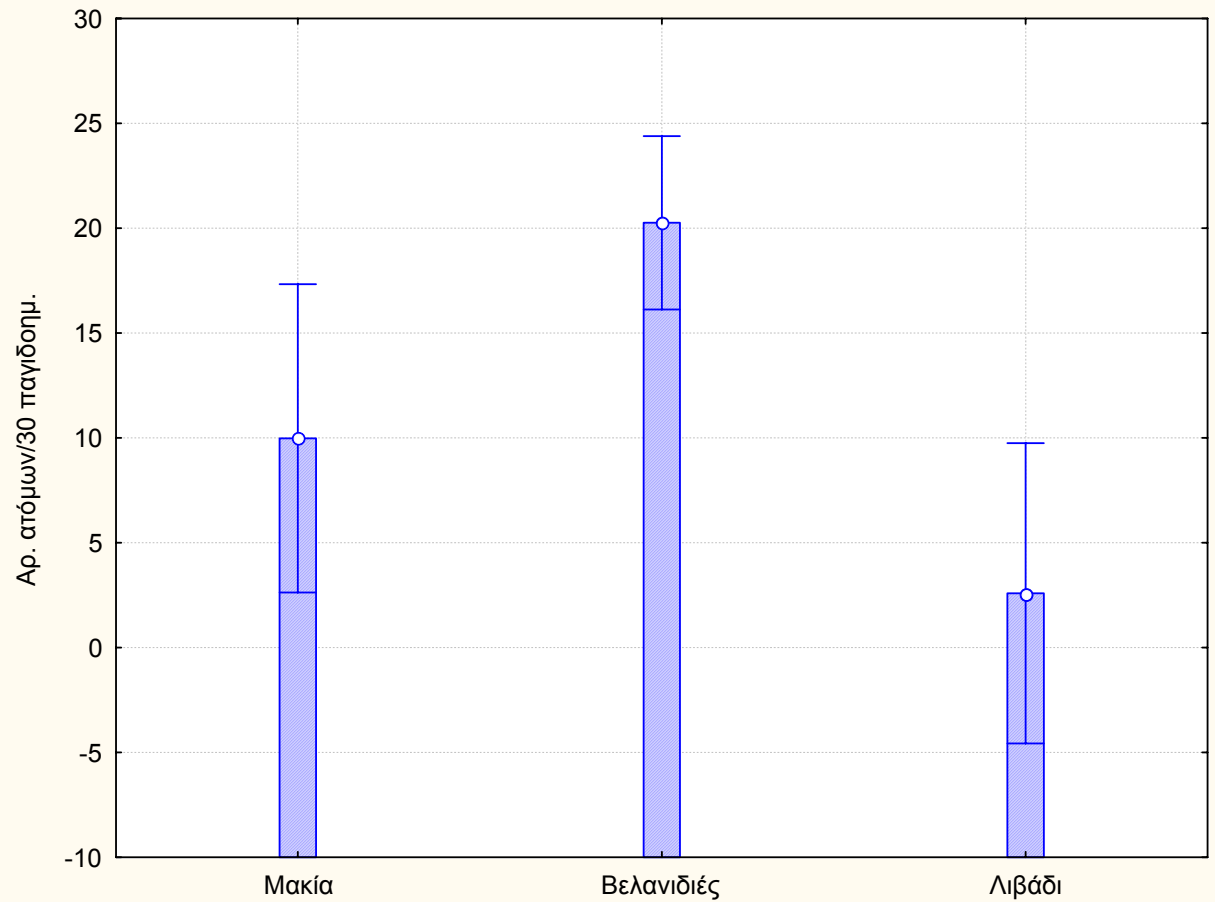
Carabidae sp. 1

Carabidae sp. 2

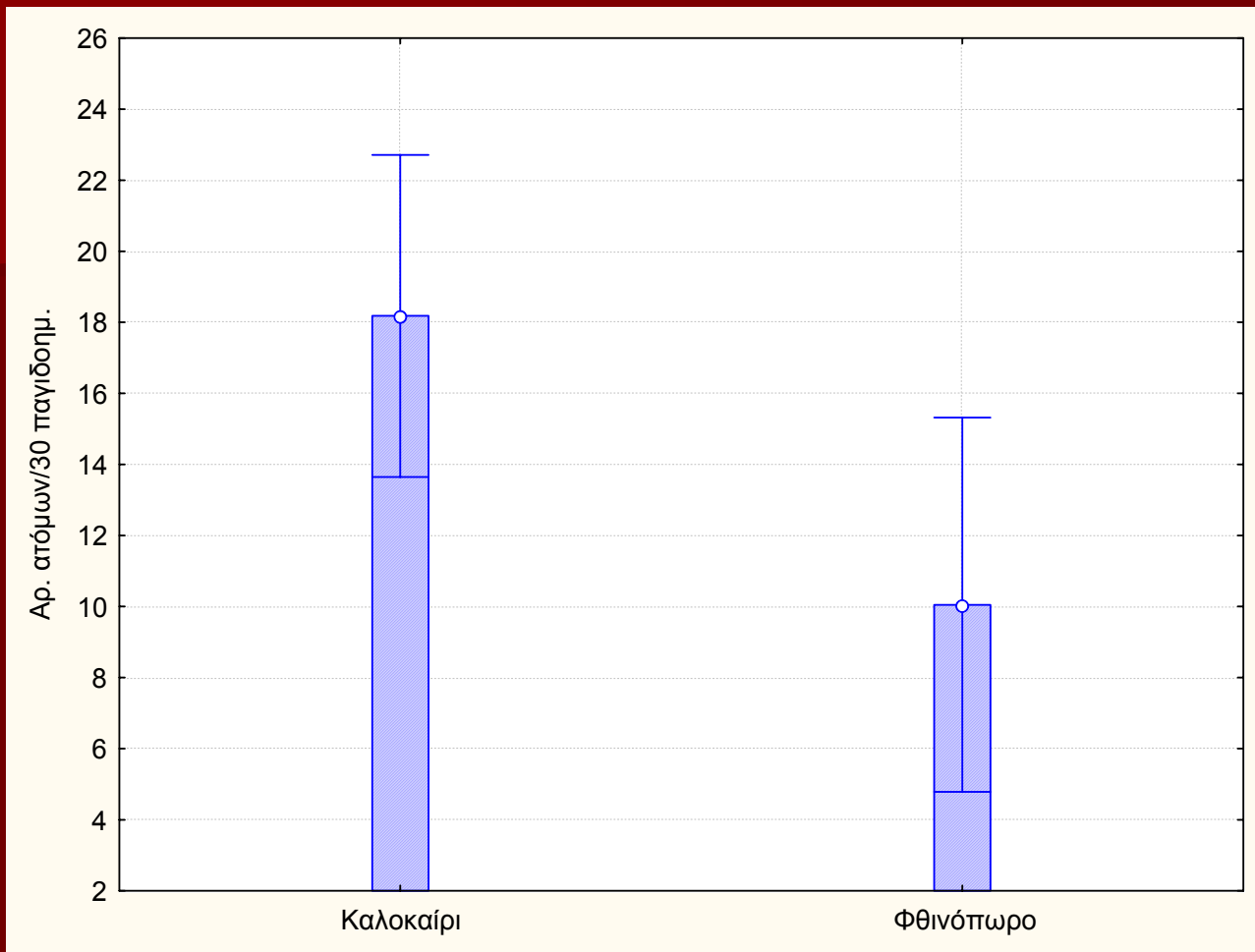
Carabidae sp. 3

Carabidae sp. 4



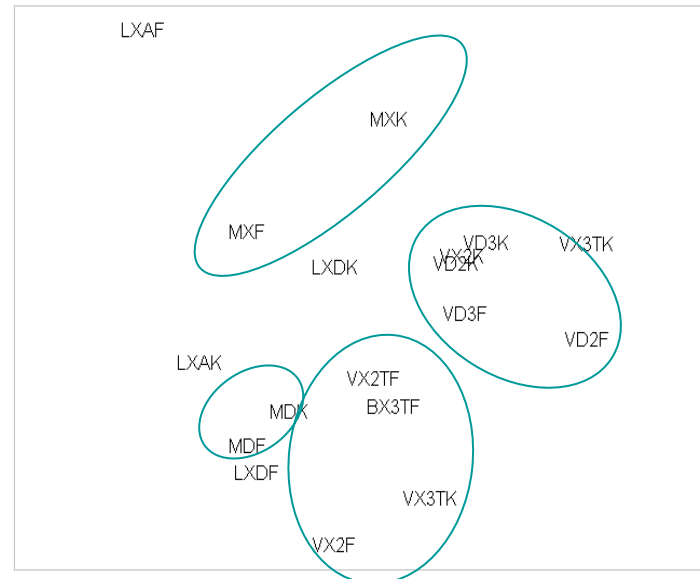


Αφθονία των ειδών της οικογένειας Carabidae στις τρεις περιοχές

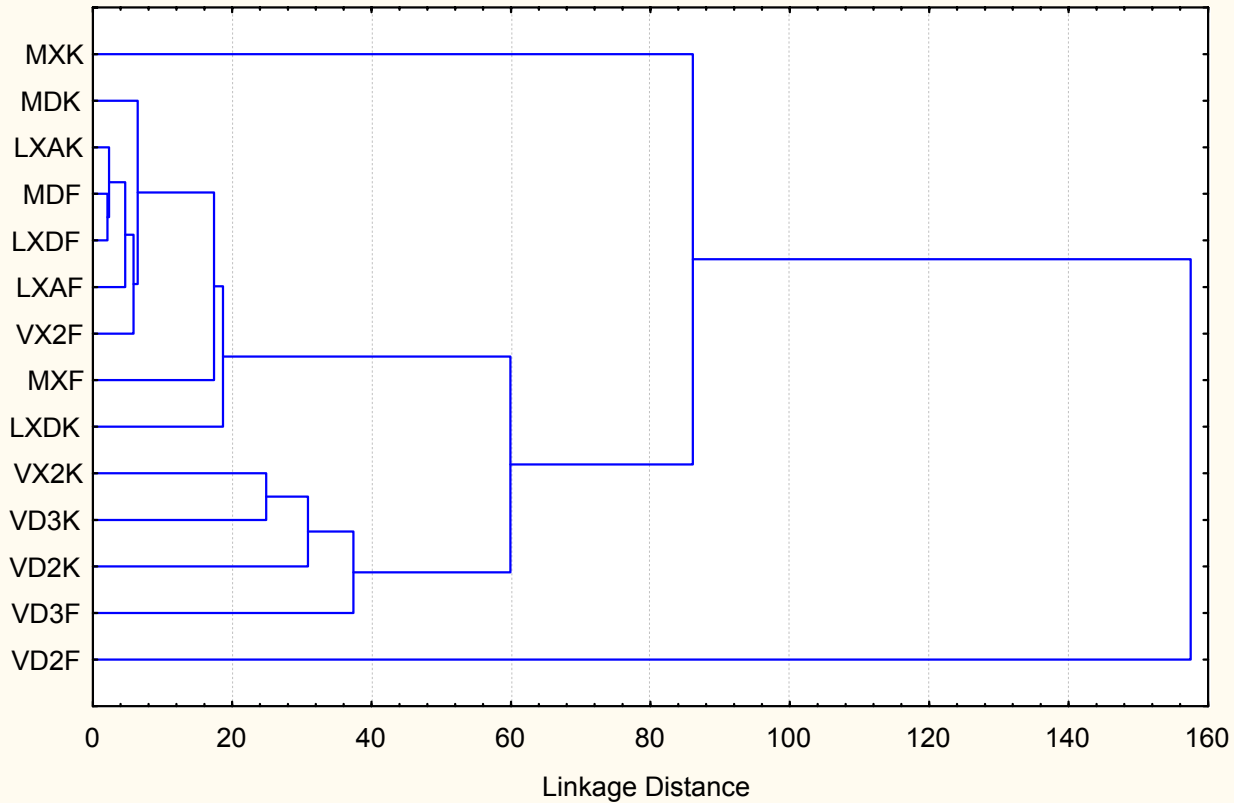


Αφθονία των ειδών της οικογένειας Carabidae στις δύο εποχές

Υπολογισμός δεικτών ποικιλότητας
Multi Dimensional Scaling (MDS)
Analysis of similarity
Ομαδοποίηση (clustering)
SIMPER



Tree Diagram for Variables
Unweighted pair-group average
Euclidean distances



Ανάλυση ομαδοποίησης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κερματισμός στις βελανιδιές σημαίνει τάση προς:

- Μικρότερες αφθονίες
- Διαφορετική σύνθεση
- Μείωση ποικιλότητας

Κερματισμός στη μακία σημαίνει τάση προς:

- Μεγαλύτερες αφθονίες
- Παρόμοια σύνθεση
- Παρόμοια ποικιλότητα

ΜΥΡΜΗΓΚΙΑ (Υμενόπτερα: Formicidae)

Περιοχές μελέτης: ίδιες με τις προηγούμενες

Καταγράφηκαν συνολικά 22 είδη

Υπολογίστηκαν:

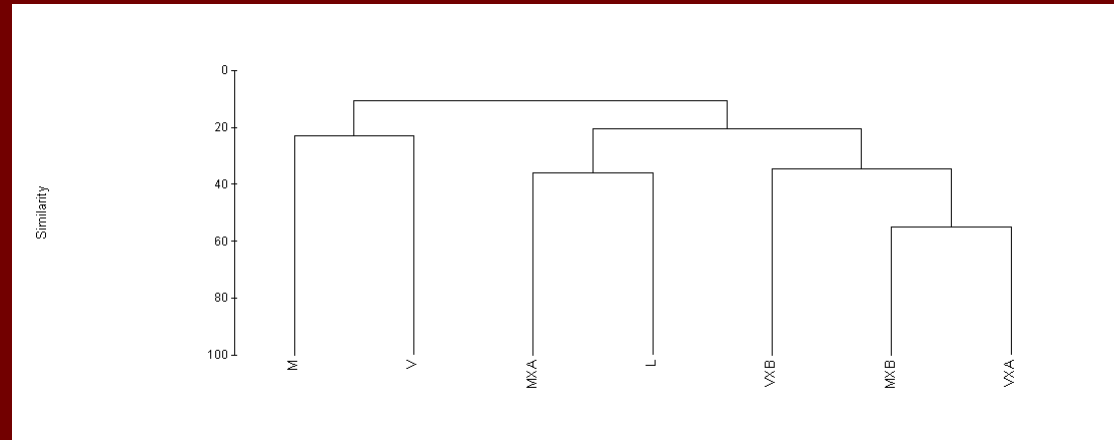
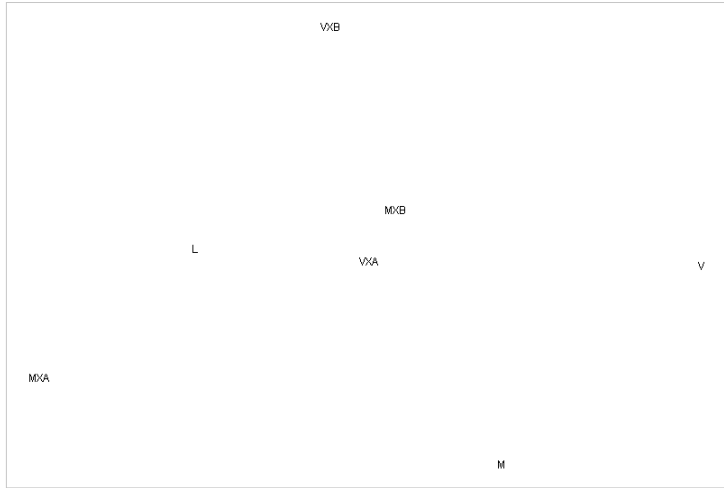
Ποικιλότητα

MDS

Ανάλυση ομαδοποίησης

SIMPER





ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κερματισμός στις βελανιδιές σημαίνει:

- Σημαντική αύξηση του αριθμού των ειδών. Η αύξηση αυτή μειώνεται όσο μικρότερο είναι το ξέφωτο.
- Σημαντική αύξηση της συνολικής ποικιλότητας. Οι δείκτες Margalef και Shannon αυξάνουν κατά 80% και 56% αντίστοιχα.
- Διαφορετική σύνθεση.

Κερματισμός στη μακία σημαίνει:

- Μείωση του αριθμού των ειδών στις ανοικτές περιοχές. Το σύνολο όμως των ειδών όλης της περιοχής είναι αυξημένο.
- Μείωση της ποικιλότητας στις ανοικτές περιοχές, συνολική όμως αύξησή της στην ευρύτερη περιοχή. Οι δείκτες Margalef και Shannon αυξάνουν κατά 28% και 14% αντίστοιχα.
- Διαφορετική σύνθεση

Κερματισμός στα λιβάδια σημαίνει:

- Μείωση του αριθμού των ειδών. Η μείωση είναι πιο έντονη στα μικρά ξέφωτα.
- Μείωση της ποικιλότητας. Η μείωση είναι πιο έντονη στα μικρά ξέφωτα.
- Όχι μεγάλες διαφορές στη σύνθεση.

Χερσαία γαστερόποδα μαλάκια της οικογένειας Clausiliidae

Διερευνητική δειγματοληψία στην ευρύτερη περιοχή των ορεινών οικοσυστημάτων της περιοχής του Ζαγορίου για τον εντοπισμό πληθυσμών του είδους *Isabellaria vallata* (Mousson, 1859) που πληρούσαν τα κριτήρια χαρακτηρισμού τους ως μεταπληθυσμών



Υπολογισμός της πυκνότητας με τη μέθοδο των πλαισίων

Πληθυσμιακή πυκνότητα μέτρια

Κυμαίνονταν από 2 άτομα/m² μέχρι 9 άτομα/m²

Η πληθυσμιακή πυκνότητα καταρχάς δεν φαίνεται να σχετίζεται με ποιοτικά ή ποσοτικά χαρακτηριστικά του ενδιαιτήματος.

Γενετική ποικιλότητα

Αναλύσεις της γενετικής ποικιλότητας (αλλοένζυμα, μικροδορυφορικό DNA)

Οι αναλύσεις αυτές δεν έχουν ολοκληρωθεί ακόμη

Μορφολογική ποικιλότητα

Μορφομετρικές αναλύσεις του κελύφους και του γενετικού συστήματος

Θα συνδυαστούν με τα δεδομένα γενετικής και συμπεριφορικής ποικιλότητας

Συμπεριφορική (προσυζευκτική και μετασυζευκτική) απομόνωση

Θα γίνουν πειράματα διασταυρώσεων (πειράματα: μη-επιλογής, επιλογής, και πολλαπλής επιλογής συντρόφου) για τον έλεγχο του βαθμού της συμπεριφορικής (προσυζευκτικής και μετασυζευκτικής) απομόνωσης

Οι δείκτες προσυζευκτικής και μετασυζευκτικής απομόνωσης που θα προκύψουν θα συσχετισθούν με την αντίστοιχη μοριακή και μορφομετρική διαφοροποίηση των υπό μελέτη πληθυσμών

ΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΑ ΕΙΔΗ

Από τη μελέτη αυτή και από τη βιβλιογραφία, προέκυψε ένας κατάλογος απειλουμένων ειδών

Επίσης προέκυψε και ένας αριθμός ειδών από τις δύο μελετούμενες ομάδες των εδαφόβιων αρθροπόδων, τα Κολεόπτερα Carabidae και τα Υμενόπτερα Formicidae, που σύμφωνα με τα αποτελέσματα βρίσκονται σε πολύ χαμηλές αφθονίες και που περιορίζονται σε έναν τύπο ενδιαιτήματος

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Καταγραφή των ειδών πανίδας (αλλά και χλωρίδας) της περιοχής

Εκτίμηση του μεγέθους των πληθυσμών τους και ο εντοπισμός των ενδιαιτημάτων τους

Υπολογισμός του ελάχιστου χώρου ο οποίος απαιτείται για την επιβίωση του πληθυσμού

Η έκταση αυτή θα αποτελέσει και το ελάχιστο μέγεθος το οποίο θα πρέπει να έχουν οι κερματισμένοι βιότοποι της περιοχής.

Έτσι θα προκύψουν διαχειριστικές προτάσεις όπως η αναδάσωση κάποιων περιοχών, ο περιορισμός της βλάστησης σε άλλες, ο εμπλουτισμός πληθυσμών με νέα άτομα, ο περιορισμός κάποιων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, η ενθάρρυνση κάποιων άλλων και άλλα

Για τα σημαντικότερα είδη θα πρέπει να πραγματοποιηθούν και μελέτες της γενετικής διαφοροποίησης ώστε να διερευνηθούν θέματα όπως η εκτίμηση του ρόλου των φραγμάτων στη διασπορά των ατόμων (πχ. δρόμοι) ή των διαδρόμων επικοινωνίας (πχ. αρδευτικά και αποστραγγιστικά κανάλια, εποχικές πλημμύρες, ξέφωτα, κοιλάδες κλπ.)

Για τη διαχείριση των υδατοσυλλογών, πρέπει να τονιστεί η ιδιαίτερη σημασία τους για τη διατήρηση των υδρόβιων οργανισμών που περιλαμβάνουν, εκτός από τα αμφίβια, τις νεροχελώνες και πολλά υδρόβια ή παρυδάτια έντομα, αρκετά από τα οποία είναι σπάνια.

Οι υδατοσυλλογές πρέπει να προστατευθούν από την επιχωμάτωση, τις εισαγωγές ξενικών ειδών, τη ρύπανση και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες