

# Άτλας κατανομών για φίδια της Ελλάδας και συσχέτισή τους με οικολογικούς παράγοντες μέσω χρήσης GIS

Διπλωματική εργασία του μεταπτυχιακού φοιτητή:  
Υπεύθυνος καθηγητής:  
Επιβλέπων:

Βλαχόπουλου Νικόλαου-Παναγιώτη Α.Μ. 847  
Πουλακάκης Νίκος  
Λυμπεράκης Πέτρος



Photo: *T. fallax* by Paravas, V., Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης

## **Άτλας κατανομών για φίδια της Ελλάδας και συσχέτισή τους με οικολογικούς παράγοντες μέσω χρήσης GIS**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΜΟΥΣΕΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΡΗΤΗΣ  
ΙΔΡΥΜΑ ΜΠΟΔΟΣΑΚΗ

Διπλωματική εργασία  
του μεταπτυχιακού φοιτητή:

**Βλαχόπουλου Νικόλαου-Παναγιώτη Α.Μ. 847**  
[nick.vlachopoulos@gmail.com](mailto:nick.vlachopoulos@gmail.com)

Υπεύθυνος καθηγητής:

**Πουλακάκης Νίκος**

Επιβλέπων:

**Λυμπεράκης Πέτρος**

## Περιεχόμενα

1. Ευχαριστίες
2. Περίληψη
3. Εισαγωγή
  - 3.1. Άτλαντες κατανομών
  - 3.2. Μοντελοποίηση Κατανομών Ειδών (Species Distribution Modeling - SDM)
    - 3.2.1. Τι είναι τα SDMs
    - 3.2.2. Ο θώκος ως θεωρητική βάση των Μοντέλων Κατανομών Ειδών
  - 3.3. Η φυλογεωγραφία των εξεταζόμενων ειδών
    - 3.3.1. Φυλογεωγραφία του κλάδου *Telescopus fallax*
    - 3.3.2. Φυλογεωγραφία του γένους *Natrix*
    - 3.3.3. Φυλογεωγραφία του γένους *Malpolon*
  - 3.4. Στόχος της εργασίας
4. Υλικά και μέθοδοι
  - 4.1. Δεδομένα
  - 4.2. Το κλίμα
    - 4.2.1. Χρήση κλιματικών παραγόντων στα Μοντέλα Κατανομών Ειδών
    - 4.2.2. Βιοκλιματικές μεταβλητές
  - 4.3. Λογισμικό
  - 4.4. Η δημιουργία των Μοντέλων Κατανομών Ειδών (SDMs)
    - 4.4.1. Μοντέλα Κατανομών Ειδών για το παρόν
      - 4.4.1.1. Μεροληψία λόγω δειγματοληψίας
      - 4.4.1.2. Συσχέτιση των στιγμάτων με οικολογικούς παράγοντες
      - 4.4.1.3. Έλεγχος του μοντέλου μέσω διαμερισματοποίησης των δεδομένων
      - 4.4.1.4. Διαφορετικά είδη αλγορίθμων για τα Μοντέλα Κατανομών Ειδών  
Γραμμικές και τετραγωνικές καμπύλες  
Καμπύλες Hinge  
Η απόκριση του μοντέλου
      - 4.4.1.5. Η απεικόνιση του μοντέλου
    - 4.4.2. Μοντέλα Κατανομών Ειδών για προβολή στο μέλλον
5. Αποτελέσματα
  - 5.1. Χάρτες κατανομών και φύλλα δεδομένων
    - 5.1.1. *Telescopus fallax*
    - 5.1.2. *Natrix natrix*
    - 5.1.3. *Natrix tessellata*
    - 5.1.4. *Malpolon insignitus*
  - 5.2. Διαδικτυακός Άτλας
  - 5.3. Οι κατανομές των ειδών σε σχέση με τις περιοχές NATURA
  - 5.4. SDMs
    - 5.4.1. Μοντέλα για το παρόν
    - 5.4.2. Μοντέλα για το μέλλον
6. Συζήτηση
  - 6.1. Περιοχές NATURA
  - 6.2. Μοντέλα Κατανομής Ειδών για το παρόν

- 6.2.1. *Telescopus fallax*
- 6.2.2. *Natrix natrix*
- 6.2.3. *Natrix tessellata*
- 6.2.4. *Malpolon insignitus*
- 6.2.5. Γενική εικόνα
- 6.3. Προβολή των Μοντέλων Κατανομών Ειδών στο μέλλον
  - 6.3.1. *Telescopus fallax*
  - 6.3.2. *Natrix natrix*
  - 6.3.3. *Natrix tessellata*
  - 6.3.4. *Malpolon insignitus*
  - 6.3.5. Παρατηρήσεις για τις κατανομές στο μέλλον
- 6.4. Εφαρμογές των Μοντέλων Κατανομών Ειδών για διαχείριση
- 6.5. Παρατηρήσεις πάνω στα Μοντέλα Κατανομών Ειδών
  - 6.5.1. Χρησιμότητα και χειρισμός
  - 6.5.2. Μοντελοποίηση ειδών με ευρεία κατανομή
- 7. Συμπεράσματα
- 8. Βιβλιογραφία
  - 8.1. Βιβλιογραφία που αναγράφεται στην έρευνα
  - 8.2. Σημαντικές ιστοσελίδες
  - 8.3. Εξέχουσα βιβλιογραφία για την παραγωγή των κατανομών



## 1 Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υπεύθυνο της εφορίας σπονδυλωτών του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πέτρο Λυμπεράκη, για την καθοδήγηση του καθ' όλη την πορεία της έρευνας. Τον καθηγητή μου Νίκο Πουλακάκη για την επίβλεψη της έρευνας και τον τεχνικό Μανώλη Νικολακάκη για τις ιδιαίτερα πολύτιμες συμβουλές του πάνω στην χρήση του λογισμικού. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διδακτορικό φοιτητή Νίκο Κιάμο αλλά και όλα τα υπόλοιπα μέλη του εργαστηρίου για την σημαντική συνεισφορά τους σε πολλά διαφορετικά θέματα αλλά και για το ευχάριστο κλίμα συνεργασίας που επικρατούσε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Μποδοσάκη για την υποτροφία που μου προσέφερε για την συμμετοχή στο ΠΜΣ Περιβαλλοντικής Βιολογίας και την ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας.

## 2 Περίληψη

Στην παρούσα εργασία έγινε συλλογή και επεξεργασία γεωγραφικών δεδομένων για τέσσερα είδη φιδιών της Ελλάδας (*Telescopus fallax*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata* και *Malpolon insignitus*) με σκοπό να παραχθούν χάρτες των γεωγραφικών τους κατανομών και Μοντέλα Κατανομών Ειδών (SDMs) για την κατανομή τους στο παρόν και στο μέλλον. Οι χάρτες κατανομών αποτελούν ένα μέρος μιας ευρύτερης προσπάθειας για την δημιουργία ενός νέου Άτλαντα των ερπετών και αμφιβίων της Ελλάδας. Ο Άτλας αυτός θα εμπλουτιστεί σταδιακά μέσα και από άλλες εργασίες και θα έχει διαδικτυακή μορφή. Για την έρευνα χρησιμοποιήσαμε δεδομένα από τρεις διαφορετικές πηγές: τη συλλογή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, τα δεδομένα του προγράμματος καταγραφών σε εθνικό επίπεδο (2014 – 2015) από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, και τα βιβλιογραφικά δεδομένα δημοσιευμένων, επιστημονικών ερευνών. Η επεξεργασία και η γραφική απεικόνιση των δεδομένων έγινε με τη χρήση προγραμμάτων GIS έτσι ώστε να παραχθούν οι κατανομές των ειδών. Έπειτα έγινε συσχέτιση των δεδομένων με οικολογικούς παράγοντες έτσι ώστε να παραχθούν Μοντέλα Κατανομών Ειδών (SDM's) στον παρόντα χρόνο. Τα ίδια δεδομένα τα επεξεργαστήκαμε και με τα δεδομένα των προγνώσεων για την προϊούσα κλιματική αλλαγή με στόχο να εξετάσουμε τις πιθανές επιπτώσεις στις κατανομές τους.

### **Λέξεις Κλειδιά:**

Άτλας, GIS, SDM, Κλιματική αλλαγή, *Telescopus fallax*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata*, *Malpolon insignitus*, Ελλάδα

## 2 Abstract

In this paper we collected and edited the geographical data of four species of Greek snakes (*Telescopus fallax*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata* and *Malpolon insignitus*) in order to produce maps of their geographical distribution in the present, and Species Distribution Models (SDMs) about their potential distributions in the present and the future. Distribution maps are part of a broader effort to create a new Atlas of Greek reptiles and amphibians. This Atlas will be gradually enriched by other papers and will be online. For the research we used data from three different sources, namely the collections of the Natural History Museum of Crete, the data from the monitoring program (2014-2015) of the Ministry of Environment and Energy, and bibliographical data from published papers. The data edited and graphically visualized by GIS programs in order to ultimately produce the distributions. The distributions were then correlated with ecological factors to produce SDMs for the present. The SDMs were projected in the future according to Climate Change forecasts data in order to examine the possible impacts on the distributions.

**Key Words:**

Atlas, GIS, SDM, Climate Change, *Telescopus fallax*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata*, *Malpolon insignitus*, Greece

## 3 Εισαγωγή

### 3.1 Άτλαντες κατανομών

Οι κατανομές των ειδών είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την διεξαγωγή οικολογικών ερευνών αλλά και για την επιτυχημένη διαχείριση των ενδιαιτημάτων, καθιστώντας έτσι απαραίτητη την συγκέντρωση και ομογενοποίησή τους σε ενιαία εγχειρήματα όπως είναι οι Άτλαντες κατανομών. Οι Άτλαντες αποτελούν επομένως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο λόγω της εύκολης πρόσβασης που παρέχουν σε τέτοιου είδους πληροφορίες. Για την περιοχή της Ελλάδας δεν έχει υπάρξει ακόμη ένας Άτλας για ερπετά και αμφίβια παρά μόνο ορισμένοι οδηγοί πεδίου (Valakos et al. 2008). Για την περιοχή της Ευρώπης είχε δημιουργηθεί ο Άτλας των (Gasc et al. 2004), ο οποίος συμπεριλάμβανε και τον Ελλαδικό χώρο. Ωστόσο, λόγω του ότι για πολλά είδη έχουμε νέα στοιχεία για τις κατανομές τους αλλά και λόγω του ότι η συστηματική ορισμένων ζώων έχει αλλάξει, προέκυψε η ανάγκη δημιουργίας ενός καινούριου Άτλαντα ερπετών και αμφιβίων της Ελλάδας. Στην παρούσα έρευνα συμπεριλαμβάνονται (εκτός των άλλων) και οι κατανομές τεσσάρων ειδών από φίδια της Ελλάδας (*Telescopus fallax*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata*, *Malpolon insignitus*), οι οποίες θα συμπεριληφθούν σε ένα ευρύτερο εγχείρημα που είναι η δημιουργία του προαναφερθέντα Άτλαντα. Ο Άτλας αυτός θα έχει διαδικτυακή μορφή έτσι ώστε να είναι δυνατή η εύκολη πρόσβαση αλλά και η συνεχής του ενημέρωση.

### 3.2 Μοντελοποίηση Κατανομών Ειδών (Species Distribution Modeling - SDM)

#### 3.2.1 Τι είναι τα Μοντέλα Κατανομής Ειδών

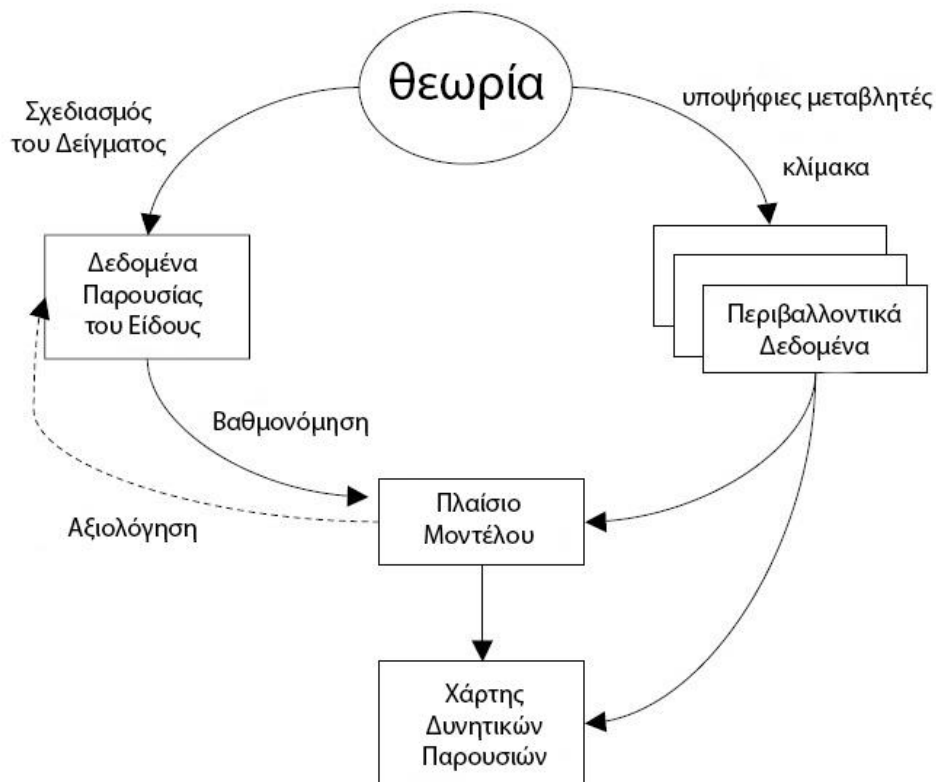
Τα Μοντέλα Κατανομής Ειδών (Species Distribution Models - SDMs) είναι υπολογιστικά μοντέλα που χρησιμοποιούν αλγορίθμους για να προβλέψουν τις δυνητικές κατανομές των ειδών στον γεωγραφικό χώρο και χρόνο χρησιμοποιώντας περιβαλλοντικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά είναι συνήθως κλιματικά αλλά συχνά συμπεριλαμβάνονται και άλλου τύπου οικολογικοί παράγοντες. Τα SDMs χρησιμοποιούνται σε διάφορους ερευνητικούς τομείς όπως στην βιολογία της διατήρησης, στην οικολογία και στην εξέλιξη.

Σύμφωνα με τους Janet et al. (2009), τα SDMs περιγράφουν την εμπειρική συσχέτιση μεταξύ των κατανομών των ειδών και των περιβαλλοντικών ή οικολογικών μεταβλητών. Αν τα SDMs επιτύχουν μια καλή σύνδεση μεταξύ των κατανομών των ειδών και των παραγόντων που τις καθορίζουν, τότε μπορούν να παρέχουν εύστοχες παρατηρήσεις για την ανοχή των ειδών στους κλιματικούς παράγοντες ή για τις προτιμήσεις τους σε συγκεκριμένα ενδιαιτήματα. Δίνουν επίσης την δυνατότητα να πραγματοποιηθούν χωρικές προβλέψεις. Επομένως, λόγω αυτών των δυνατοτήτων τους μπορούν να περιγράψουν δύο διαφορετικές οικολογικές έννοιες: τον οικολογικό θώκο ενός είδους, και την καταλληλότητα ενός ενδιαιτήματος να υποστηρίξει ένα είδος.

Τα SDMs αποκαλούνται επίσης και μοντέλα καταλληλότητας ενδιαιτήματος (Hirzel et al. 2006, Ray & Burgman 2006, Hirzel & Le Lay 2008), καθώς περιγράφουν την καταλληλότητα ενός ενδιαιτήματος να υποστηρίξει ένα είδος. Περιγράφονται μέσω μιας RSF (*Resource Selection Function*), μιας συνάρτησης δηλαδή που δίνει μια τιμή για την

πιθανότητα που έχει ένα ενδιαίτημα να χρησιμοποιηθεί από έναν οργανισμό (Manly et al. 2002). Και έτσι είναι σε θέση να προβλέπουν την πιθανότητα ενός γεγονότος (το είδος) να συμβεί σε μια περιοχή (*probability of species presence*), κάτω πάντα από τις κατάλληλες προϋποθέσεις.

Συνοπτικά, η βάση της θεωρίας των SDMs μπορεί να περιγραφεί από το γράφημα της **εικόνας 1**. Με βάση τις θεωρητικές γνώσεις για την οικολογία ενός είδους αλλά και την γεωγραφία του μελετώμενου τόπου, γίνεται επιλογή των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο. Η κλίμακα των διαθέσιμων δεδομένων, και ο σχεδιασμός του δείγματος της παρουσίας ειδών (μέγεθος δείγματος, ακρίβεια στιγμάτων, κλπ) πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη. Με βάση αυτά τα δεδομένα δημιουργείται η πρώτη δομή του μοντέλου η οποία χρησιμοποιείται και για την αξιολόγηση της ποιότητας των πρωταρχικών μας δεδομένων παρουσίας ειδών. Έπειτα το μοντέλο τροφοδοτείται με καινούρια περιβαλλοντικά δεδομένα που αντιστοιχούν σε μια άλλη περιβαλλοντική κατάσταση (π.χ. μελλοντικά κλιματικά δεδομένα) και κάνει προβολή των καινούριων αποτελεσμάτων του.



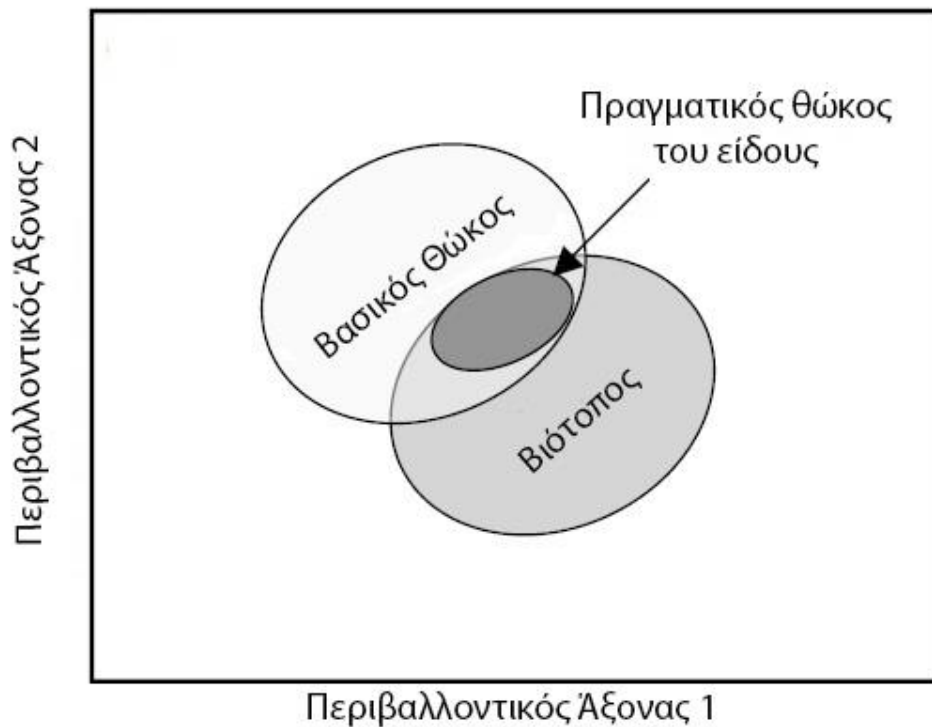
**Εικόνα 1:**

Γραφιστική απεικόνιση του τρόπου λειτουργίας των SDMs (Janet et al. (2009)).

### 3.2.2 Ο θώκος ως θεωρητική βάση των Μοντέλων Κατανομών Ειδών

Τα SDMs βασίζονται στην θεωρία του θώκου. Ο Elton (1927) περιέγραψε τον θώκο ως έναν λειτουργικό ρόλο του είδους στην κοινότητα, ο Grinnell (1917) αναφέρθηκε στους παράγοντες που επηρεάζουν το πού τελικά θα εντοπιστεί ένα είδος (ποιες είναι οι ανάγκες του είδους). Ο Hutchinson (1987), περιγράφει τον θώκο ως «... το υπερσύνολο που

περιγράφεται από τις περιβαλλοντικές διαστάσεις εντός των οποίων ένα είδος μπορεί να επιβιώσει και να αναπαραχθεί.». Διέκρινε ακόμα τον βασικό (*fundamental*) οικολογικό θώκο όπου περιγράφεται ως η απόκριση του είδους στο περιβάλλον του εν απουσία βιοτικών επιδράσεων (ανταγωνισμός, θήρευση, συνεργασία) από τον πραγματικό (*realized, ecological, actual*) θώκο – όπου οι περιβαλλοντικές διαστάσεις στις οποίες τα είδη μπορούν να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν, συμπεριλαμβανομένων και των επιδράσεων των βιολογικών αλληλεπιδράσεων (Austin & Smith 1989, Austin 2002, Chase & Leibold 2003). Το υπερσύνολο του Hutchinson προτείνει πολλούς αιτιώδεις παράγοντες για την παραγωγή των SDMs, αντιθέτως οι θεωρητικές προσεγγίσεις του θώκου ορισμένες φορές δίνουν έμφαση μόνο σε λίγους παράγοντες. Οι Chase & Leibold (2003) προσπαθούν να συνδέσουν τις έννοιες αυτές των Eltonian επιπτώσεων και των Grinnellian απαιτήσεων, σε μια σύνθεση και περιγράφουν τον θώκο ως: «... από κοινού περιγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών όπου επιτρέπουν σ' ένα είδος να ικανοποιεί τις ελάχιστες απαιτήσεις του έτσι ώστε...» να υπάρχει συνδυαστική θετική αύξηση στον τοπικό πληθυσμό όταν οι κατά κεφαλή επιπτώσεις ενός είδους στο περιβάλλον λαμβάνονται υπόψη.



**Εικόνα 2:**

Γραφική απεικόνιση της σχέσης του βασικού θώκου με τον οικολογικό (Janet et al. 2009).

### 3.3 Η φυλογεωγραφία των εξεταζόμενων ειδών

#### 3.3.1 Φυλογεωγραφία του κλάδου *Telescopus fallax*

Σύμφωνα με τους Šmíd et al. (2019), το γένος *Telescopus* Wagler, 1830 ανήκει στην οικογένεια *Colubridae* και κατανέμεται από την Αφρική και την Αραβική Χερσόνησο έως την Νοτιοδυτική Ασία και την Νοτιοανατολική Ευρώπη. Πρόκειται, για φίδια με λεπτή σωματοδομή που συνήθως κινούνται το απόγευμα ή το βράδυ. Εμφανίζονται σε ενδιαιτήματα σαβάνας, ερημικά ή ημιερημικά (Disi et al. 2001, Baha El Din 2006, Egan 2007, Bates et al. 2014). Η προτίμησή τους για άνυδρες συνθήκες είναι περισσότερο εμφανής σε είδη που ευδοκούν στις ερήμους της Νότιας Αφρικής (*T. beetzii*), της Βόρειας Αφρικής (*T. obtusus*, *T. tripolitanus*), της Αραβίας (*T. dhara*), του Λίβανου (*T. hoogstraali*) και του Ιράν (*T. rhinoroma*) ενώ μόνο κάποια λίγα βρίσκονται σε ποιο υγρά (mesic) ενδιαιτήματα (*T. variegatus*). Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι ορισμένα απ' τα ερημικά είδη εντοπίζονται επίσης και σε mesic μικροενδιαιτήματα εντός του εύρους της κατανομής τους (όπως το *T. Obtusus* κατά μήκος του Νείλου στην Αίγυπτο). Στην Αφρική η κατανομή του γένους συμβαδίζει με την γεωγραφική κατανομή των άνυδρων περιοχών που χρησιμοποιούνται για διασπορά, όπως του Σάχελ, του Βορειοαφρικανικού διαδρόμου και του διαδρόμου από το Κέρας της Αφρικής προς τη νοτιοδυτική Αφρική (Kissling et al. 2016). Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να προτείνει ότι το *Telescopus* έχει έναν οικολογικό θώκο με αυστηρά κλιματικά όρια τα οποία ενδεχομένως να περιορίζονται από φυλογενετικό συντηρητισμό ο οποίος ενδεχομένως να οφείλεται στην δράση σταθεροποιητικής επιλογής (Wiens and Graham 2005). Επίσης θα ήταν αναμενόμενο ότι τα είδη που προτιμούν ακραίες κλιματικές συνθήκες θα τείνουν να έχουν παρόμοιο εύρος συνθηκών όπου μπορούν να το καταλάβουν (niche breadths), ενώ το niche breadth θα διαφέρει σε είδη με διαφορετικά κλιματικά βέλτιστα (climatic optima) (Wiens et al. 2013).

Σύμφωνα με τους Šmíd et al. (2019) το γένος *Telescopus* έχει σχετικά παλαιά προέλευση και χρονολογείται πίσω στο όριο του Ηώκαινου /Ολιγόκαινου. Η ηλικία του αρχαιότερου κλάδου έχει υπολογιστεί περίπου στα 30 εκατομμύρια χρόνια [34 εκατομμύρια χρόνια (Šmíd et al. 2019), 31.8 (Pyron and Burbrink 2014) και 27,9 (Zheng and Wiens 2016)]. Ο πρόγονος του *Telescopus* προερχόταν από την Αφρική όπου άρχισε και η μεταγενέστερη διαφοροποίηση.

Η διαφοροποίηση του Αφροαραβικού κλάδου συνέβη μέσω μιας σταδιακής διαδοχής γεγονότων. Άρχισε στο Ανώτερο Ολιγόκαινο (περίπου πριν 25 εκατομμύρια χρόνια) όπου ο κλάδος *T. dhara* +*T. Pulcher* διαχωρίστηκε από τα υπόλοιπα Αφρικανικά είδη. (Šmíd et al. 2019)

Ο κλάδος του *T. fallax* είναι παραφυλετικός (Šmíd et al. 2019) και παρά το γεγονός ότι είναι παλαιός οι βασικές διαφοροποιήσεις των γενεαλογικών γραμμών που παρατηρούνται σήμερα διαφοροποιήθηκαν σχετικά πρόσφατα μετά από μια μακρά καθυστέρηση κατά το Ανώτερο Μειόκαινο (7,6 εκατομμύρια χρόνια). Έτσι λοιπόν, με δεδομένο την Αφρικανική καταγωγή του γένους, την χρονολόγηση του βασικού κλάδου του *T. fallax*, και τις σημερινές κατανομές του είδους στον Λίβανο, την Τουρκία, το Δυτικό Ιράν και τη Νοτιοανατολική Ευρώπη, οι Šmíd et al. (2019) καταλήγουν ότι ο πρόγονος του κλάδου κατανεμόταν από την

Αφρική ως την Ευρασία κατά μήκος της συρρικνώνουσας θάλασσας της Τηθύος. Το αρχείο των απολιθωμάτων υποδεικνύει ότι το *Telescopus* βρισκόταν στην Κεντρική Ευρώπη τουλάχιστον μέχρι το μέσο Μειόκαινο (Szyndlar 2012, Čerňanský et al. 2017). Η αρχική διαφοροποίηση του κλάδου *fallax* στο Λίβανο κατά την διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου σύντομα ακολουθήθηκε από μια σειρά γεγονότων ειδογένεσης στην περιοχή. Εκείνη η χρονική περίοδος είχε χαρακτηριστεί από εκτενή τεκτονική δραστηριότητα στην ανατολική μεσόγειο (Over et al. 2004, Boulton and Robertson 2007, Inwood et al. 2009), η οποία ενδεχομένως να πυροδότησε την διαφοροποίηση. Η γενετική δομή του *T. fallax* στον Ελλαδικό χώρο χωρίζει τους πληθυσμούς σε δύο κλάδους, έναν Δυτικό που περιλαμβάνει πληθυσμούς από την Ηπειρωτική Ελλάδα την Κρήτη, την Θήρα και τα Αντικύθηρα, και έναν Ανατολικό που περιλαμβάνει πληθυσμούς από το Ανατολικό Αιγαίο, την Τουρκία και την Κύπρο (Kyriazi 2013).

Αν και η πλειονότητα των ειδών του *Telescopus* εντοπίζονται σε ερημικά περιβάλλοντα, ο βαθμός συσχέτισής τους με τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν μπορεί να κυμαίνεται από πολύ στενό θώκο (*T. beetzi*, *T. pulcher*) έως ιδιαίτερα ευρύ (*T. fallax complex*, *T. variegatus*) (Šmíd et al. 2019).

### 3.3.2 Φυλογεωγραφία του γένους *Natrix*

Σύμφωνα με τους Guicking and Ulrich (2011) το *Natrix maura* αντιπροσωπεύει το πιο βασικό είδος του γένους *Natrix* και είναι αδελφό είδος με τα *N. natrix* και *N. tessellata*. Επίσης, η φυλογεωγραφική ανάλυση που πραγματοποίησαν ταυτοποίησε το *N. natrix* ως το μόνο είδος με Ευρωπαϊκή καταγωγή ενώ τα *N. maura* και *N. tessellata* κατά πάσα πιθανότητα προέρχονται από την Βόρεια Αφρική και την Νοτιοδυτική Ασία αντίστοιχα. Τα τρία είδη *Natrix* μπορούν να ερμηνευτούν ως αντιπροσωπευτικά των τριών κύριων ζωογεωγραφικών περιοχών όπου έχουν συνεισφέρει στην εξέλιξη της ευρωπαϊκής πανίδας (Steininger et al. 1985).

Οι χρόνοι διαφοροποίησης μεταξύ και των τριών ειδών εκτιμούνται μέχρι πίσω στο Κατώτερο Μειόκαινο (περί τα 15-20 εκατομμύρια χρόνια). Το γένος *Natrix* κατά πάσα πιθανότητα προέρχεται από την Νότια Ασία (Hecht 1930). Η διαφοροποίηση του *N. maura* από τα άλλα είδη ενδεχομένως να εξηγείται από φαινόμενα βικαριανισμού που συνέβησαν στην ευρωπαϊκή και αφρικανική ήπειρο. Κατά το Κατώτερο Μειόκαινο (περί τα 18 – 20 εκατομμύρια χρόνια) η Αραβική και η Τούρκικη πλάκα συγκρουστήκαν για πρώτη φορά κι επέτρεψαν την ανταλλαγή της χερσαίας πανίδας μεταξύ της Ευρασίας και της Αφρικής (Rögl and Steininger 1984, Steininger et al. 1985). Εκείνη την χρονική περίοδο οι πρόγονοι του *N. maura* μάλλον εισέβαλαν στην Αφρική. Η μεταγενέστερη διαφοροποίηση της Αφρικανικής γενεαλογικής γραμμής αποτελεί μάλλον ένα αποτέλεσμα της εκ νέου διάνοιξης του θαλάσσιου φράγματος μεταξύ της Μεσογείου και του Ινδο-Ειρηνικού Ωκεανού κατά το Μέσο Μειόκαινο (Rögl and Steininger 1984), οδηγώντας σε ανεξάρτητη εξέλιξη των δύο πληθυσμών που οδήγησαν στο *N. maura* στην Αφρική και στα *N. natrix* και *N. tessellata* στην Ευρασία. Η μεταγενέστερη διαφοροποίηση των *N. natrix* και *N. tessellata* θα μπορούσε να εξηγηθεί από την διαμερισματοποίηση του πρωταρχικού ευρασιατικού πληθυσμού Βόρεια και Νότια από το θαλάσσιο φράγμα της Παρατηθύως που εκτινόταν από την κεντρική Ευρώπη έως το μέσον της Ασίας κατά την μεγαλύτερη χρονική διάρκεια του Μειόκαινου (Rögl and Steininger 1984). Οι βόρειοι πληθυσμοί επεκτάθηκαν μέσα στην



Ευρώπη και έδωσαν το υπάρχον *N. natrix*, ενώ οι νότιοι πληθυσμοί παρέμειναν στην Νότια Ασία και τελικά εξελίχθηκαν στο *N. tessellata*. Συμπερασματικά, το *N. tessellata* προέρχεται από τη Νοτιοδυτική Ασία, όπου διαχωρίστηκε από τα αδελφό του είδος *N. natrix* στο Μέσο Μειόκαινο. Για το *N. tessellata* στον Ελλαδικό χώρο, οι πληθυσμοί της Κρήτης αποτελούν έναν αδελφό κλάδο με τους πληθυσμούς της Ευρώπης και της Δυτικής Τουρκίας (Kyriazi 2013).

### 3.3.3 Φυλογεωγραφία του γένους *Malpolon*

Σύμφωνα με τους Carranza et al. (2006), υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι η γενεαλογική γραμμή των *M. monspessulanus* και *M. insignitus* έχει μια μακρά ιστορία στην Αφρική: Πρώτον, ανήκει σε μια κυρίως αφρικανική ομάδα, τα *Psammorphinae* (Kelly et al., 2003), εκ της οποίας όλα τα γένη βρίσκονται μέσα στην ήπειρο και μόνο τα *Psammorphis* και *Malpolon* εκτείνονται και προς τα έξω. Η βαθύτερη διχοτόμηση μέσα στο είδος *M. monspessulanus*, η οποία εκτιμάται να έγινε περί τα 3,5 – 6 εκατομμύρια χρόνια, είναι πολύ πιθανόν να συνέβη στο Μαγρέμπ. Αυτή είναι η μόνη περιοχή όπου οι δύο κλάδοι είναι σε στενή εγγύτητα, επίσης ο καθένας έχει βασικά παρακλάδια εκεί.

Η ποιο φειδωλή ερμηνεία της φυλογένεσης του *M. monspessulanus* είναι ότι διαχωρίστηκε σε δύο κατευθύνσεις, ανατολικά και δυτικά από το Μαγρέμπ με το *M. monspessulanus* να φτάνει στη Νοτιοδυτική Ευρώπη και ο κλάδος του *M. insignitus* να προχωράει ανατολικότερα στην Αίγυπτο, το Ισραήλ, το Λίβανο, την Ιορδανία, την Συρία, το Ιράκ, το Ιράν, τη Δυτική Τουρκία και τη Βαλκανική Χερσόνησο.

Ο χαρακτηριστικός κύκλος αναπαραγωγής του *M. monspessulanus*, όπου όλες του οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται σε μία εποχή του έτους, ενδεχομένως να τα έκανε ευάλωτα στην εξαφάνιση κατά την γεωλογική περίοδο του Μεσσηνίου, όπου τα καλοκαίρια ήταν σύντομα και δροσερά. Τα αρσενικά *M. monspessulanus* χρειάζονται μια μέση θερμοκρασία 22° C, ή και υψηλότερη, κατά τον Ιούλιο έτσι ώστε να πραγματοποιήσουν σπερματογένεση (Saint-Girons 1982).

Σε σύγκριση με τον δυτικό του κλάδο, ο ανατολικός κλάδος του *M. insignitus* εμφανίζει υψηλότερη γενετική ποικιλότητα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την εγκιβωτισμένη μορφή της εσωτερικής του φυλογένεσης υποδεικνύει ότι η διάδοσή του γύρω από την Μεσόγειο θάλασσα προς την Νοτιοδυτική Ασία και τελικά στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, ξεκίνησε νωρίτερα και μάλλον συνέβη για μια μακρά χρονική περίοδο. Επίσης, η έκταση που καλύπτεται από τον ανατολικό κλάδο είναι πολύ μεγαλύτερη και φυσιογεωγραφικώς πολυπλοκότερη από αυτήν του δυτικού κλάδου.

### 3.4 Στόχος της εργασίας

Οι στόχοι επομένως της εργασίας είναι:

- Η καταγραφή την κατανομών για τα μελετώμενα είδη, με βάση τα πιο πρόσφατα δεδομένα για τον Ελλαδικό Χώρο.
- Η δημιουργία των δυνητικών κατανομών για το παρόν, στον Ελλαδικό Χώρο. Όπως γνωρίζουμε τα γεωγραφικά στίγματα μπορούν να σκιαγραφήσουν την κατανομή ενός είδους αλλά δεν μπορούν να δώσουν μια λεπτομερέστερη εικόνα για το ποιες είναι οι περιοχές που αποτελούν τον θώκο του είδους. Μια τέτοια λεπτομερέστερη εικόνα μπορούμε να την πάρουμε από ένα μοντέλο SDM.
- Να γίνει μια εκτίμηση για τις μεταβολές που θα υπάρξουν στις κατανομές των ειδών μέσα στις επόμενες δεκαετίες, με δεδομένο την προϊούσα κλιματική αλλαγή.
- Να συνταχθούν φύλλα ειδών με τα πιο σύγχρονα δεδομένα.

## 4 Υλικά και μέθοδοι

### 4.1 Δεδομένα

Για να σχηματιστούν οι κατανομές των ειδών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τρεις διαφορετικές πηγές:

- Την συλλογή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης,
- Τα δεδομένα από το πρόγραμμα καταγραφής πανίδας του ΥΠΕΝ (2014-2015). <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=889&language=el-GR>
- Τα δεδομένα από δημοσιευμένες επιστημονικές έρευνες (υποενότητα 8.3).

Στις πρώτες δύο περιπτώσεις είχαμε στην διάθεσή μας πολύ ακριβή γεωγραφικά στίγματα καθώς η τοποθεσία είχε εντοπιστεί με την χρήση GPS. Στην περίπτωση όμως όπου τα δεδομένα μας προέρχονταν από τις αποδελτιώσεις επιστημονικών ερευνών δεν είχαμε πάντα στην διάθεσή μας τις ακριβείς συντεταγμένες των στιγμάτων, ειδικά όταν οι εργασίες ήταν αρκετά παλιές και δεν χρησιμοποιούσαν τεχνολογία GPS. Σε αυτού του είδους τις εργασίες η τοποθεσία που εντοπίστηκε το ζώο δινόταν με μια αναλυτική περιγραφή της περιοχής καθώς και από τα ντόπια προσωνύμια. Για να πραγματοποιηθεί η αποδελτίωση έπρεπε ή κάθε περιοχή να εντοπιστεί στον χάρτη και να της δοθούν συντεταγμένες κάτι το οποίο και έγινε κυρίως μέσα από την χρήση της εφαρμογής Google Earth Pro 7.3 αλλά και από την χρήση διαδικτυακών ναυτικών χαρτών και ναυτικών βιβλίων.

Ως εκ τούτου, η ακρίβεια των στιγμάτων δεν ήταν ίδια σε όλες τις περιπτώσεις και για αυτόν τον λόγο σε κάθε δείγμα δόθηκε ένας κωδικός που ήταν ενδεικτικός της ακριβειάς του. Οι κωδικοί ακριβειάς έπαιρναν τις τιμές 1, 2, 3 και 4 όπου:

1	Μέγιστη ακρίβεια. Οι συντεταγμένες πάρθηκαν με GPS και δείχνουν ακριβώς την περιοχή που εντοπίστηκε το δείγμα.
2	Μέτρια ακρίβεια. Η περιοχή που εντοπίστηκε το δείγμα έχει διάμετρο μικρότερη των 5 km
3	Μικρή ακρίβεια. Η περιοχή που εντοπίστηκε το δείγμα έχει διάμετρο μεγαλύτερη των 5 km αλλά παραμένει όμως πληροφοριακή (π.χ: Μήλος).
4	Ελάχιστη ακρίβεια. Η περιοχή που εντοπίστηκε το δείγμα δεν περιγράφεται αναλυτικά με αποτέλεσμα η αναφορά να μην είναι καθόλου πληροφοριακή (π.χ: Βόρεια Ελλάδα).

Οι αναφορές με κωδικούς ακριβειάς 1, 2 και 3 χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση των κατανομών του Άτλαντα και των χαρτών με τις περιοχές NATURA ενώ για την παραγωγή των μοντέλων SDMs χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι αναφορές με κωδικούς 1 και 2. Οι αναφορές με κωδικό 4 δεν χρησιμοποιήθηκαν πουθενά.

Τα δεδομένα και από τις τρεις πηγές ομογενοποιήθηκαν έτσι ώστε να αποτελέσουν ένα ενιαίο σύνολο που θα είναι δυνατόν να επεξεργασθεί και το προβολικό σύστημα που επιλέχθηκε να εφαρμοστεί είναι το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων WGS84.

## 4.2 Το κλίμα

### 4.2.1 Χρήση κλιματικών παραγόντων στα Μοντέλα Κατανομών Ειδών

Τα είδη επηρεάζονται τόσο από κλιματικούς όσο και από μη κλιματικούς παράγοντες. Οι κλιματικές διακυμάνσεις μπορούν να υποβάλουν φυσιολογικούς περιορισμούς στα είδη και καθ' αυτό τον τρόπο να επηρεάσουν τις κατανομές των ειδών σε διαφορετικό βαθμό. Η σχέση μεταξύ του κλίματος και την κατανομή ενός είδους στον γεωγραφικό χώρο παρουσιάζει διακυμάνσεις εξαιτίας του εγκλιματισμού του είδους στις τοπικές συνθήκες και εξαιτίας και άλλων παραγόντων όπως οι περιορισμοί στην διασπορά οι οποίοι σχετίζονται με ποια ενδιαιτήματα γίνονται προσβάσιμα στο είδος (O'Donnell and Ignizio 2012).

### 4.2.2 Βιοκλιματικές μεταβλητές

Για την μελέτη της επίδρασης του κλίματος στις κατανομές των ειδών χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά βιοκλιματικές μεταβλητές. Οι βιοκλιματικές μεταβλητές προέρχονται από τις μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης προκειμένου να δημιουργηθούν περισσότερες βιολογικά σημαντικές μεταβλητές. Εφαρμόζονται συχνά στη μοντελοποίηση των κατανομών των ειδών και σε αντίστοιχες τεχνικές οικολογικής μοντελοποίησης. Οι βιοκλιματικές μεταβλητές αντιπροσωπεύουν ετήσιες τάσεις (π.χ. μέση ετήσια θερμοκρασία, ετήσια βροχόπτωση) εποχικότητα (π.χ. ετήσιο εύρος θερμοκρασιών και κατακρημνίσεων) και ακραίες ή περιοριστικές περιβαλλοντικές παραμέτρους [π.χ. θερμοκρασία του ψυχρότερου και θερμότερου μήνα και κατακρημνίσεις της υγρότερης και ξηρότερης εποχής (1/4 του έτους)].  
<https://www.worldclim.org/bioclim>

#### Οι βιοκλιματικές μεταβλητές και η βιολογική τους ερμηνεία:

(O'Donnell and Ignizio 2012)

##### **BIO 1** Ετήσια Μέση Θερμοκρασία

Η ετήσια μέση θερμοκρασία είναι μια προσέγγιση της συνολικής εισροής ενέργειας σε ένα οικοσύστημα.

##### **BIO 2** Μέσο ετήσιο εύρος της ημερήσιας θερμοκρασίας [Mean of monthly (max temp - min temp)]

Αυτός ο δείκτης μπορεί να παρέχει πληροφορίες σε ότι αφορά την σχέση διαφορετικών ειδών με την διακύμανση της θερμοκρασίας.

##### **BIO 3** Ισοθερμία (BIO2/BIO7) (\* 100)

Η ισόθερμα είναι γενικά χρήσιμη για τα τροπικά, τα νησιωτικά και τα θαλάσσια περιβάλλοντα (Nix 1986). Η ισοθερμία ποσοτικοποιεί το εύρος των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας σε σχέση με τις διακυμάνσεις μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα (ετήσιες). Μια ισοθερμική τιμή ίση με 100 υποδηλώνει ότι η ημερήσια θερμοκρασία είναι ισοδύναμη με το ετήσιο εύρος θερμοκρασιών, ενώ οτιδήποτε λιγότερο από 100 υποδηλώνει ότι η θερμοκρασία ενός τυπικού μήνα έχει μικρότερη ποικιλία σε

σχέση με ενός έτους. Η κατανομή ενός είδους μπορεί να επηρεαστεί από τις μεγαλύτερες ή μικρότερες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια ενός μήνα σε σχέση με τις αντίστοιχες διακυμάνσεις του έτους και ο προγνωστικός δείκτης της ισοθεμίας είναι αρκετά χρήσιμος για την εξακρίβωση τέτοιων πληροφοριών.

**BIO 4** Εποχικότητα της θερμοκρασίας

Η εποχικότητα της θερμοκρασίας είναι μια μέτρηση των αλλαγών της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια ενός έτους. Ο συντελεστής διακύμανσης της θερμοκρασίας είναι η αναλογία της τυπικής απόκλισης των μηνιαίων μέσων θερμοκρασιών ως προς τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες (γνωστό επίσης και σαν σχετική τυπική απόκλιση) και εκφράζεται με ένα ποσοστό. Όσο υψηλότερο το ποσοστό, τόσο μεγαλύτερη η ποικιλία των θερμοκρασιών.

**BIO 5** Μέγιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα

Η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη όταν η κατανομή του εξεταζόμενου είδους επηρεάζεται από τις ασυνέχειες των υψηλών θερμοκρασιών κατά την διάρκεια του έτους.

**BIO 6** Ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα

Η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη όταν η κατανομή του εξεταζόμενου είδους επηρεάζεται από τις ασυνέχειες των χαμηλών θερμοκρασιών κατά την διάρκεια του έτους.

**BIO 7** Εύρος της ετήσιας θερμοκρασίας (BIO5-BIO6)

Η πληροφορία αυτή είναι χρήσιμη όταν η κατανομή του εξεταζόμενου είδους επηρεάζεται από το εύρος μεταξύ των ακραίων θερμοκρασιακών συνθηκών.

**BIO 8** Μέση θερμοκρασία της υγρότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός παρέχει τις μέσες θερμοκρασίες για το υγρότερο τρίμηνο του έτους, κάτι το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για να εξεταστεί το πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 9** Μέση θερμοκρασία της ξηρότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός παρέχει τις μέσες θερμοκρασίες για το ξηρότερο τρίμηνο του έτους, κάτι το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για να εξεταστεί το πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 10** Μέση θερμοκρασία της θερμότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός παρέχει τις μέσες θερμοκρασίες για το θερμότερο τρίμηνο του έτους, κάτι το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για να εξεταστεί το πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 11** Μέση θερμοκρασία της ψυχρότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός παρέχει τις μέσες θερμοκρασίες για το ψυχρότερο τρίμηνο του έτους, κάτι το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για να εξεταστεί το πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 12** Ετήσια βροχόπτωση

Η ετήσια συνολική βροχόπτωση είναι μια προσέγγιση των συνολικών εισροών νερού και γι αυτό αποτελεί μια χρήσιμη επιβεβαίωση της σημασίας της διαθεσιμότητας του νερού για την κατανομή ενός είδους.

**BIO 13** Βροχοπτώσεις του υγρότερου μήνα

Ο υγρότερος μήνας είναι συχνά χρήσιμος όταν οι ακραίες συνθήκες των κατακρημνίσεων κατά την διάρκεια του έτους επηρεάζουν το δυνητικό εύρος του είδους.

**BIO 14** Βροχοπτώσεις του ξηρότερου μήνα

Ο υγρότερος μήνας είναι συχνά χρήσιμος όταν οι ακραίες συνθήκες των κατακρημνίσεων κατά την διάρκεια του έτους επηρεάζουν το δυνητικό εύρος του είδους.

**BIO 15** Εποχικότητα των βροχοπτώσεων

Καθώς οι κατανομές των ειδών μπορούν να επηρεάζονται εντόνως από τις διακυμάνσεις των κατακρημνίσεων, αυτός ο δείκτης παρέχει ένα ποσοστό γι αυτές όπου οι μεγαλύτερες τιμές του ποσοστού εκφράζουν την μεγαλύτερη διακύμανση.

**BIO 16** Βροχοπτώσεις της υγρότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το σύνολο των κατακρημνίσεων κατά την διάρκεια του υγρότερου τριμήνου του χρόνου, το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για την διερεύνηση του πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 17** Βροχοπτώσεις της ξηρότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το σύνολο των κατακρημνίσεων κατά την διάρκεια του ξηρότερου τριμήνου του χρόνου, το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για την διερεύνηση του πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 18** Βροχοπτώσεις της θερμότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το σύνολο των κατακρημνίσεων κατά την διάρκεια του θερμότερου τριμήνου του χρόνου, το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για την διερεύνηση του πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

**BIO 19** Βροχοπτώσεις της ψυχρότερης εποχής (1/4 του έτους)

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το σύνολο των κατακρημνίσεων κατά την διάρκεια του ψυχρότερου τριμήνου του χρόνο, το οποίο μπορεί να είναι χρήσιμο για την διερεύνηση του πως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ενδέχεται να επηρεάζουν τις εποχιακές κατανομές των ειδών.

### 4.3 Λογισμικό

Κατά την αποδελτίωση των επιστημονικών ερευνών χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Google Earth Pro 7.3 για τον εντοπισμό των αναφορών στον χάρτη και την εξαγωγή των γεωγραφικών συντεταγμένων.

Για την οργάνωση των βάσεων δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή Access της Microsoft Office 2010.

Για την επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων, την μοντελοποίησή τους, την παραγωγή του διαδικτυακού χάρτη, την γραφική απεικόνιση των κατανομών με την μορφή χάρτη, κ.α. χρησιμοποιήθηκε το GIS πρόγραμμα ArcGIS Desktop.

Για την δημιουργία των μοντέλων δυνητικών κατανομών (SDMs) χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Wallace Ecological Modeling Application Vignette. Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από την βάση δεδομένων WorldClim Version2 ενώ τα δεδομένα για το υψόμετρο (DEM), τα επιφανειακά ύδατα (Water bodies), τις χρήσεις γης (Land cover) και το NDVI προήλθαν από τις βάσεις δεδομένων Copernicus, European Space Agency.

### 4.4 Η δημιουργία των Μοντέλων Κατανομών Ειδών (SDMs)

Η πλατφόρμα Wallace δίνει την δυνατότητα να προσαρμόσεις τις αναλύσεις στα εκάστοτε δεδομένα έτσι ώστε να προκύψουν SDMs που να είναι περισσότερο περιγραφικά της πραγματικής κατανομής του είδους. Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζουν μικρές διαφορές ανάλογα με τον αν ο στόχος του παραγόμενου μοντέλου ήταν να προβάλει την δυνητική κατανομή του είδους στο μέλλον ή στο παρόν.

#### 4.4.1 Μοντέλα Κατανομών Ειδών για το παρόν

##### 4.4.1.1 Μεροληψία λόγω δειγματοληψίας

Ένα από τα πιο συχνά προβλήματα κατά την παραγωγή ενός SDM, είναι η μεροληψία με την οποία πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες. Άμεσο αποτέλεσμα της μεροληψίας αυτής είναι να δίνεται βαρύτητα από το μοντέλο σε γεωγραφικές περιοχές που δεν θα έπρεπε και οι αλγόριθμοι να προτείνουν εσφαλμένες δυνητικές κατανομές.

Όπως μάλιστα αναφέρουν οι Merow et al. (2013) τα μοντέλα MaxEnt (τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα έρευνα) είναι εκ των προτέρων προγραμματισμένα να υποθέτουν ότι όλες οι τοποθεσίες σε μια περιοχή έχουν ίση πιθανότητα να δειγματοληπτηθούν. Ωστόσο, τα σετ δεδομένων για την παρουσία ενός είδους, τυπικά παρουσιάζουν μια δειγματοληπτική μεροληψία λόγω ορισμένων περιβαλλοντικών συνθηκών. Έτσι λοιπόν, ορισμένες περιοχές (δίπλα σε πόλεις, δρόμους, κλπ) έχουν δειγματοληπτηθεί εκτενέστερα από κάποιες άλλες, ειδικά όταν τα στίγματα προέρχονται από μουσειακά δείγματα (Reddy and Dávalos 2003, Graham et al. 2004, Phillips et al. 2009). Η υπόθεση της ομοιόμορφης δειγματοληψίας δεν απαιτεί ένα ομοιόμορφο τυχαίο δείγμα από έναν γεωγραφικό χώρο, αλλά ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν δειγματοληπτηθεί ανάλογα με την διαθεσιμότητά τους και ανεξάρτητα από το χωρικό τους μοτίβο (Aarts et al. 2012).



Όταν μια δειγματοληψία είναι μεροληπτική δεν είναι δυνατόν να διακριθεί αν τα είδη που παρατηρήθηκαν σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα βρίσκονταν εκεί λόγω προτίμησης ή επειδή στις συγκεκριμένες περιοχές έχει γίνει εκτενέστερη μελέτη. (Phillips et al. 2009, Sastre and Lobo 2009, Wisz and Guisan 2009, Newbold et al. 2010, Chakraborty et al. 2011). Οι περιοχές επομένως, που η πυκνότητα των σιγμάτων είναι υψηλή αποκτούν μεγαλύτερη βαρύτητα καθώς ερμηνεύονται σαν ευνοϊκές για το είδος περιοχές.

Για την παράκαμψη λοιπόν αυτών των προβλημάτων το σύνολο των σιγμάτων αραιώνεται έτσι ώστε το δείγμα να γίνει ποιο ομοιογενές.

Για να πραγματοποιήσουμε την χωρική αραιώση στην παρούσα έρευνα λάβαμε υπόψη και τον βαθμό ακρίβειας των σιγμάτων. Για την παραγωγή των SDM χρησιμοποιήθηκαν οι αναφορές με κωδικό ακρίβειας 1 και 2 όπως προαναφέρθηκε. Ο κωδικός 2 αντιστοιχεί σε περιοχή με διάμετρο 5 km (δηλαδή ακτίνα 2,5 km). Για την χωρική αραιώση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε μια ακτίνα 3 km, λίγο υψηλότερη δηλαδή από την ακτίνα του κωδικού 2, έτσι ώστε να αφαιρεθούν τα σίγματα που ενδεχομένως να προέρχονται από την ίδια περιοχή ή πολύ κοντινές. Με συνέπεια οι αναφορές να μειωθούν για το κάθε είδος ως εξής:

- *T. fallax*: Οι αναφορές μειώθηκαν από τις 230 στις 161
- *N. natrix*: Οι αναφορές μειώθηκαν από τις 352 στις 273
- *N. tessellata*: Οι αναφορές μειώθηκαν από τις 203 στις 146
- *M. insignitus*: Οι αναφορές μειώθηκαν από τις 414 στις 307

#### 4.4.1.2 Συσχέτιση των σιγμάτων με οικολογικούς παράγοντες

Για την δημιουργία του οικολογικού θώκου του κάθε είδους χρησιμοποιήθηκαν οικολογικοί παράγοντες όπως:

- Το υψόμετρο (DEM)
- Η απόσταση από τα επιφανειακά ύδατα (RiverDist)
- Η φυτοκάλυψη (MODIS\_NDVI)
- Οι χρήσεις γης (LandCover)
- Οι βιοκλιματικοί παράγοντες του WorldClim (υποενότητα 4.2.2).

Η ανάλυση των παραγόντων αυτών ήταν η υψηλότερη δυνατή (30 arc/sec).

Για ορισμένα σίγματα δεν υπήρχε ένα πλήρες σετ από τους οικολογικούς παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατόν να τροφοδοτήσουν το μοντέλο και να αφαιρεθούν. Ωστόσο, τα σίγματα αυτά ήταν σχετικά λίγα με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν τα μοντέλα σημαντικά.

#### 4.4.1.3 Έλεγχος του μοντέλου μέσω διαμερισματοποίησης των δεδομένων

Ένα άλλο σημαντικό βήμα για την δημιουργία ενός SDM αποτελεί και η αξιολόγησή του. Η συνηθέστερη πρακτική αξιολόγησης είναι η διαμερισματοποίηση του συνολικού δείγματος παρουσίας του είδους σε μικρότερα υποσύνολα έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανεξάρτητη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του μοντέλου από μια πραγματική κατανομή.

Όπως αναφέρουν και οι Peterson and Anderson (2012) η διαμερισματοποίηση μπορεί να γίνει είτε τυχαία, είτε χωρικά. Η χωρική διαμερισματοποίηση της δομής των occurrence data παρέχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, ιδίως όσον αφορά την δυνατότητα να εντοπιστεί overfitting λόγω δειγματοληπτικής μεροληψίας. Κατά την χωρική διαμερισματοποίηση τα δεδομένα των στιγμάτων παρουσίας διαχωρίζονται σε σετ που θα χρησιμοποιηθούν για την βαθμονόμηση και την αξιολόγηση των datasets με βάση την γεωγραφική περιοχή και όχι τυχαία (Araújo and Guisan 2006). Οι γεωγραφικές περιοχές που χρησιμοποιούνται σαν υποσύνολα του δείγματος μπορούν να επιλεγθούν με πολλούς τρόπους: κατά πολιτικές ενότητες όπως πολιτείες ή χώρες, σύμφωνα με υποκειμενικά γεωγραφικά σύνολα, κλπ.

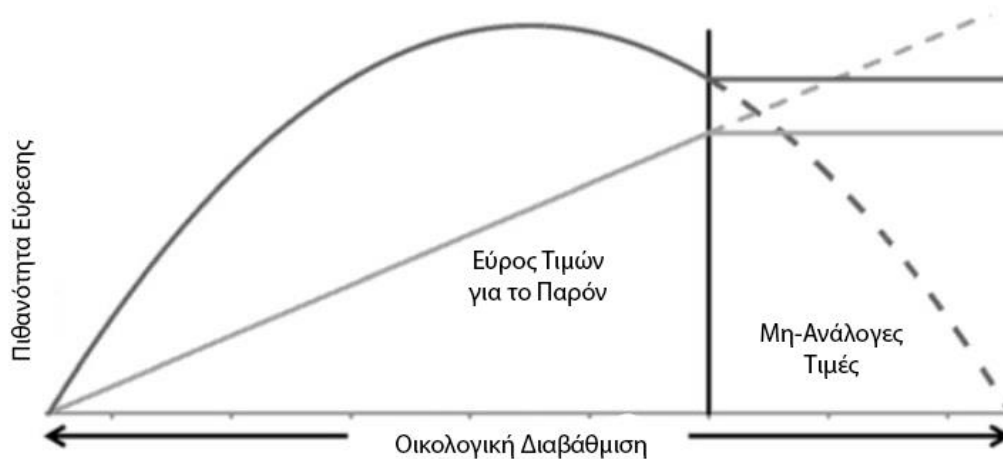
Για την παρούσα έρευνα η μέθοδος που κρίθηκε καταλληλότερη να εφαρμοστεί είναι η χωρική μέθοδος Checkerboard 1 ( $k=2$ ) με Aggregation factor = 2 καθώς διαμερισματοποιεί τις αναφορές σε δύο συγγενικά σετ δεδομένων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον στατιστικό έλεγχο του SDM όταν αυτό δεν προβάλλεται σε γεωγραφικές περιοχές για τις οποίες δεν έχουμε στίγματα.

#### 4.4.1.4 Διαφορετικά είδη αλγορίθμων για τα Μοντέλα Κατανομών Ειδών

Μία ακόμα παράμετρος που καθορίζει την ερμηνεία των δεδομένων από το μοντέλο είναι το είδος του αλγορίθμου που θα χρησιμοποιηθεί. Συνήθως οι πολύπλοκοι αλγόριθμοι έχουν την δυνατότητα να ερμηνεύουν με υψηλή ακρίβεια τα δεδομένα με τα οποία τροφοδοτήθηκε το μοντέλο αλλά σε αντίθεση με τους πιο απλούς αλγόριθμους δεν μπορούν να περιγράψουν με ευκολία γενικές σχέσεις. Οι συνηθέστεροι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται μπορούν να περιγράψουν σχέσεις γραμμικές, τετραγωνικές ή Hinge.

#### Γραμμικές και τετραγωνικές καμπύλες

Όπως υποστηρίζουν οι (Hoorn et al. 2018), πολλοί από τους αλγόριθμους των SDMs μπορούν να ταιριάξουν (fit) σε πολύ πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ των καταγραφών παρουσίας των ειδών και των χωρικών παραγόντων. Τα πολύπλοκα SDMs έχουν συχνά πολύ υψηλές τιμές σε ότι αφορά την ευστοχία του μοντέλου αλλά περιορισμένες δυνατότητες πρόβλεψης, ως αποτέλεσμα των πολλών παραμέτρων του μοντέλου ή του overfitting (Merow et al 2014). Η υπερπαραμετροποίηση του μοντέλου αναφέρεται στην συμπερίληψη πολλών παραγόντων πρόβλεψης που σχετίζονται με τον αριθμό των παρουσιών (ή απουσιών), ή την συμπερίληψη παραγόντων που δεν σχετίζονται με την οικολογία του μελετώμενου είδους. Ένα overfit SDM ερμηνεύει και τον θόρυβο απ' τα δεδομένα που το τροφοδότησαν και αποτυγχάνει να πιάσει την απόκριση του είδους στις περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις. Η θεωρία του θώκου προτείνει ότι οι καμπύλες απόκρισης των ειδών συχνά είναι μονόδρομες (*unimodal*) (Austin 2005, 2007), τουλάχιστον για τους fundamental θώκους, και ως εκ τούτου οι τετραγωνικές καμπύλες να αποκρίνονται καταλληλότερα στις περιβαλλοντικές διαβαθμίσεις (Merow et al 2013). Όταν όμως μόνο ένα τμήμα μιας μονόδρομης απόκρισης συμπεριλαμβάνεται στη μελετώμενη περιοχή, τότε μια γραμμική απόκριση ίσως να είναι επαρκής. Στην **εικόνα 3** γίνεται μια σύγκριση μεταξύ των γραμμικών και τετραγωνικών καμπυλών.



**Εικόνα 3:**

Με ανοιχτό γκρι αναπαρίσταται μια γραμμική καμπύλη απόκρισης και με σκούρο γκρι μια μονόδρομη ή τετραγωνική. Οι καμπύλες καλύπτουν το εύρος των τιμών για το παρόν και το παρελθόν/μέλλον (ή οποιοσδήποτε άλλες αβιοτικές συνθήκες που δεν συμπεριλαμβάνονται στα δεδομένα που τροφοδότησαν το μοντέλο) μιας οικολογικής διαβάθμισης. Οι διακεκομμένες γραμμές αναπαριστούν την παρέκταση στις μη ανάλογες συνθήκες του παρελθόντος/μέλλοντος. Οι οριζόντιες γραμμές αναπαριστούν τις συγκρατημένες τιμές και η κάθετη γραμμή αναπαριστά το όριο όπου τελειώνει το εύρος των τιμών για το παρόν και αρχίζει η παρέκταση.

### Καμπύλες Hinge

Εκτός από τις γραμμικές και μονόδρομες αποκρίσεις, αρκετά συνηθισμένες είναι και οι αποκρίσεις με την μορφή του ορίου (threshold) και οι οποίες χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν συγκεκριμένα όρια φυσιολογικής ανοχής (Hooen et al. 2018). Όπως υποστηρίζουν οι (Phillips and Dudik 2008), οι καμπύλες Hinge είναι σαν τα χαρακτηριστικά ορίου (threshold) με την διαφορά ότι χρησιμοποιείται μια γραμμική συνάρτηση αντί για μια συνάρτηση βημάτων. Παρέχουν έτσι μια γενίκευση των γραμμικών καμπυλών και των καμπυλών ορίου (threshold) και ίσως να χαρακτηρίζουν διαδικασίες που αρχίζουν από ένα όριο και εξελίσσονται γραμμικά. (Merow et al. 2013). Ένα μοντέλο που χρησιμοποιεί μόνο χαρακτηριστικά Hinge παράγει ποιο πολύπλοκες αλλά και ποιο προσαρμοσμένες καμπύλες απόκρισης και μοιάζει πολύ με τα GAMs (Elith et al. 2010).

Αν για παράδειγμα η μη ανοχή ενός είδους σε συνθήκες παγετού εκφραστεί με μια καμπύλη Hinge, τότε ενδεχομένως το μοντέλο να προτείνει μια επιτυχημένη πρόβλεψη της παρουσίας του είδους σε περιοχές που η θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από 0° C. Επομένως, οι καμπύλες Hinge είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει συγκεκριμένος οικολογικός λόγος (Hooen et al. 2018).

## Η απόκριση του μοντέλου

Στην παρούσα έρευνα οι αλγόριθμοι που επιλέχθηκαν ήταν αυτοί που κρίθηκαν καταλληλότεροι για την ερμηνεία των ερωτημάτων που είχαν τεθεί.

Για την δημιουργία των SDMs για το παρόν ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι που να μπορούν να περιγράψουν τα δεδομένα μας με υψηλή ευστοχία. Επίσης, τα είδη του γένους *Natrix* έχουν μία έντονη εξάρτηση από τα επιφανειακά ύδατα και ο παράγοντας της απόστασης από το διαθέσιμο νερό συχνά είναι περιοριστικός. Για τα είδη αυτά επομένως κρίθηκε καταλληλότερο να χρησιμοποιηθούν μοντέλα τύπου Hinge καθώς τα μοντέλα αυτά αποκρίνονται καλύτερα όταν υπάρχει κάποιο απότομο όριο (threshold) σε κάποιους οικολογικούς παράγοντες (Hoorn et al. 2018).

Αντιθέτως, για τα ίδια είδη του γένους *Natrix* χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα του τύπου Linear Quadratic για να γίνει η προβολή της κατανομής τους στο μέλλον καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα μοντέλα αυτά είναι καταλληλότερα για να κάνουν προβλέψεις. Επίσης, ο παράγοντας της απόστασης από τα επιφανειακά ύδατα, ο οποίος σύμφωνα με την οικολογία των ζώων θα ήταν ο περιοριστικός και θα λειτουργούσε σαν threshold, δεν ενσωματώθηκε στα μοντέλα που προβλήθηκαν στο μέλλον γιατί δεν ξέρουμε πως ακριβώς θα μεταβληθεί.

Για τα είδη *T. fallax*, *M. insignitus* δεν γνωρίζουμε κάποιον οικολογικό παράγοντα που να είναι περιοριστικός με την μορφή του απότομου ορίου (threshold) και επομένως τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν του τύπου Linear Quadratic για όλες τις περιπτώσεις.

### 4.4.1.5 Η απεικόνιση του μοντέλου

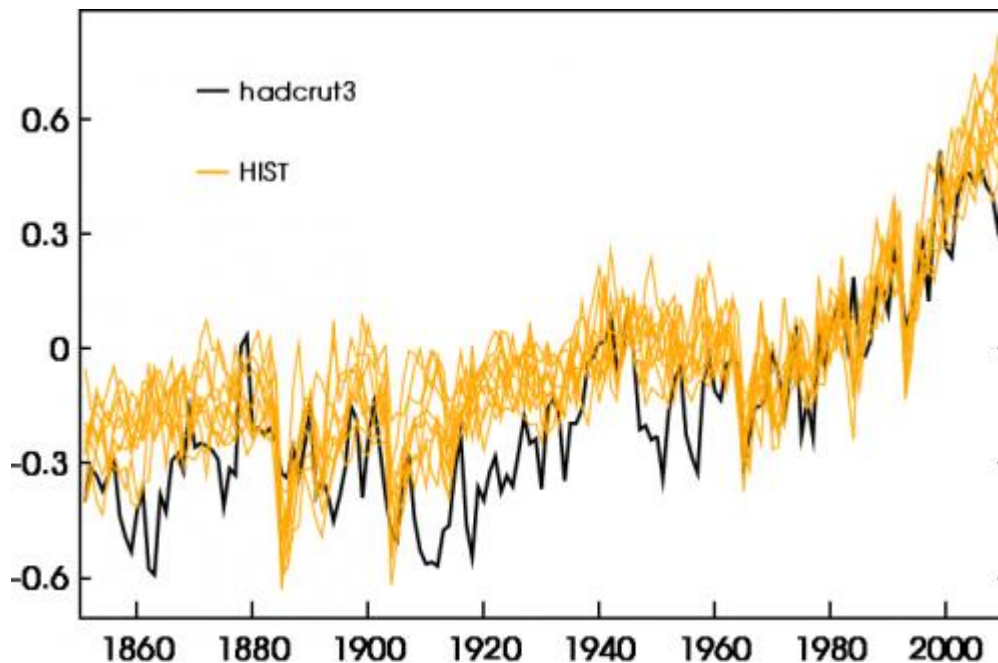
Η χωρική απεικόνιση του μοντέλου είναι συνήθως είτε logistic είτε cloglog, σύμφωνα με την βιβλιογραφία η cloglog απεικόνιση είναι προτιμότερη και γι αυτό επιλέχθηκε. (Phillips 2009).

### 4.4.2 Μοντέλα Κατανομών Ειδών για προβολή στο μέλλον

Αντίστοιχες ήταν και οι ρυθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των SDMs που προβλήθηκαν στο μέλλον. Εκεί που υπήρχαν διαφορές ήταν στην συσχέτιση των στιγμάτων με τους οικολογικούς παράγοντες. Οι παράγοντες της βλάστησης, των χρήσεων γης και της απόστασης από τα επιφανειακά ύδατα δεν χρησιμοποιήθηκαν γιατί δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε πως θα μεταβληθούν στον χρόνο. Χρησιμοποιήθηκαν επομένως οι βιοκλιματικοί παράγοντες σε ανάλυση 2.5 arc/min, χαμηλότερη δηλαδή απ' την ανάλυση που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των παροντικών SDMs, καθώς τα μελλοντικά κλιματικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα, είναι σε χαμηλότερη ανάλυση από τα παροντικά.

Η απόκριση του μοντέλου επιλέχθηκε να είναι του τύπου Linear Quadratic για όλα τα είδη καθώς κανένας από τους βιοκλιματικούς παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν δεν αναμένεται να είναι περιοριστικός με την μορφή του απότομου ορίου (threshold).

Για την προβολή των SDMs στο μέλλον χρησιμοποιήθηκαν τα βιοκλιματικά δεδομένα που έχουν προκύψει από το μοντέλο CNRM-CM5 (IPCC). Όπως περιγράφεται και στην **εικόνα 4** το μοντέλο CNRM-CM5 (IPCC) είναι αρκετά αξιόπιστο για την περιγραφή των κλιματικών μεταβολών.



**Εικόνα 4:**

Το παραπάνω σχήμα αναπαριστά την παγκόσμια μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας κοντά στην επιφάνεια της γης, η οποία προσομοιώνεται από το CNRM-CM5 (καμπύλες πορτοκαλί) κατά την περίοδο 1850-2010. Η μαύρη καμπύλη αντιπροσωπεύει παρατηρήσεις HadCRUT3. Και στις δύο περιπτώσεις καταγράφηκαν γραφικά οι ανωμαλίες θερμοκρασίας σε σχέση με το 1961-1990. Δέκα προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν με CNRM-CM5, προκειμένου να εκτιμηθεί η εσωτερική μεταβλητότητα του κλίματος, καθώς το κλίμα ποικίλλει ελαφρώς από τη μια προσομοίωση στην άλλη. Όλες αυτές οι προσομοιώσεις περιλαμβάνουν τις αλλαγές στα ατμοσφαιρικά αέρια θερμοκηπίου και τα aerosols. Σε αντίθεση με τα αέρια του θερμοκηπίου, τα ατμοσφαιρικά aerosols, τα οποία είναι μικρά σωματίδια, έχουν ψυκτικό αντίκτυπο στο κλίμα. Οι μεταβολές στην ηλιακή ακτινοβολία λήφθηκαν επίσης υπόψη στο CNRM-CM5. Αυτές οι παραλλαγές, δηλαδή ο 11-ετής ηλιακός κύκλος, προκαλούν μεταβολές στη μέση τιμή της παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας της τάξεως περίπου των  $0,1 \text{ }^\circ \text{C}$ . Τέλος, συμπεριλήφθηκε ο αντίκτυπος των μείζονων ηφαιστειακών εκρήξεων, αφού καθένας από αυτούς έχει σημαντικό αποτέλεσμα ψύξης (αρκετά δέκατα  $^\circ \text{C}$ ). Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται στις προσομοιώσεις για το 1883 (Krakatoa), 1902 (Santa Maria), 1964 (Agung), 1982 (El Chichon) και 1991 (Pinatubo). Τέλος, η παρατηρούμενη γενική τάση αύξησης της θερμοκρασίας κατά το 1850-2010 έχει αρκετά καλά προσομοιωθεί από το μοντέλο. (Centre National de Recherches Météorologiques - UMR 3589)

## 5 Αποτελέσματα

### 5.1 Χάρτες κατανομών και φύλλα δεδομένων

Σ' αυτή την υποενότητα παρατίθενται οι χάρτες των κατανομών για τον Ελλαδικό Χώρο, όπως και τα φύλλα δεδομένων για το κάθε είδος.

#### 5.1.1 *Telescopus fallax*

**Κύρια συνώνυμα:**

*Coluber vivax* Fitzinger, 1826 ; *Tarbophis fallax* Fleischmann, 1831 ; *Trigonophis iberus* Eichwald, 1831 ; *Coluber carneus* Dwigubsky, 1832 ; *Ailurophis vivax* – Bonaparte, 1837 ; *Tarbophis savignyi* Boulenger, 1896.

**Κοινές ονομασίες:**

Αγιόφιδο

**Άλλες ονομασίες:**

Γατόφιδο, Σταυρόφιδο, Φιδάκι της Παναγίας, Ξυλόδρωπις.

**Terra typica:**

“Japidia, vulgo Cars”, Χερσόνησος Ίστρια, Κροατία.

**Καθεστώς κινδύνου–προστασίας**

IUCN: LC	KB: LC	Bern: II	CITES:	92/43: IV
----------	--------	----------	--------	-----------

**Εξάπλωση**

**Γενικά:** Εξαπλώνεται στα Βαλκάνια, την Κύπρο, την Τουρκία, την Συρία, το Ιράν, το Ιράκ και τον Λίβανο.

**Ελλάδα:** Συναντάται σε όλη την περιοχή του Ελλαδικού Χώρου εκτός από ορισμένα νησιά του Αιγαίου.



### Εικόνα 5:

Η κατανομή του *T. fallax*

[www.inaturalist.org](http://www.inaturalist.org)

### Στοιχεία Βιολογίας:

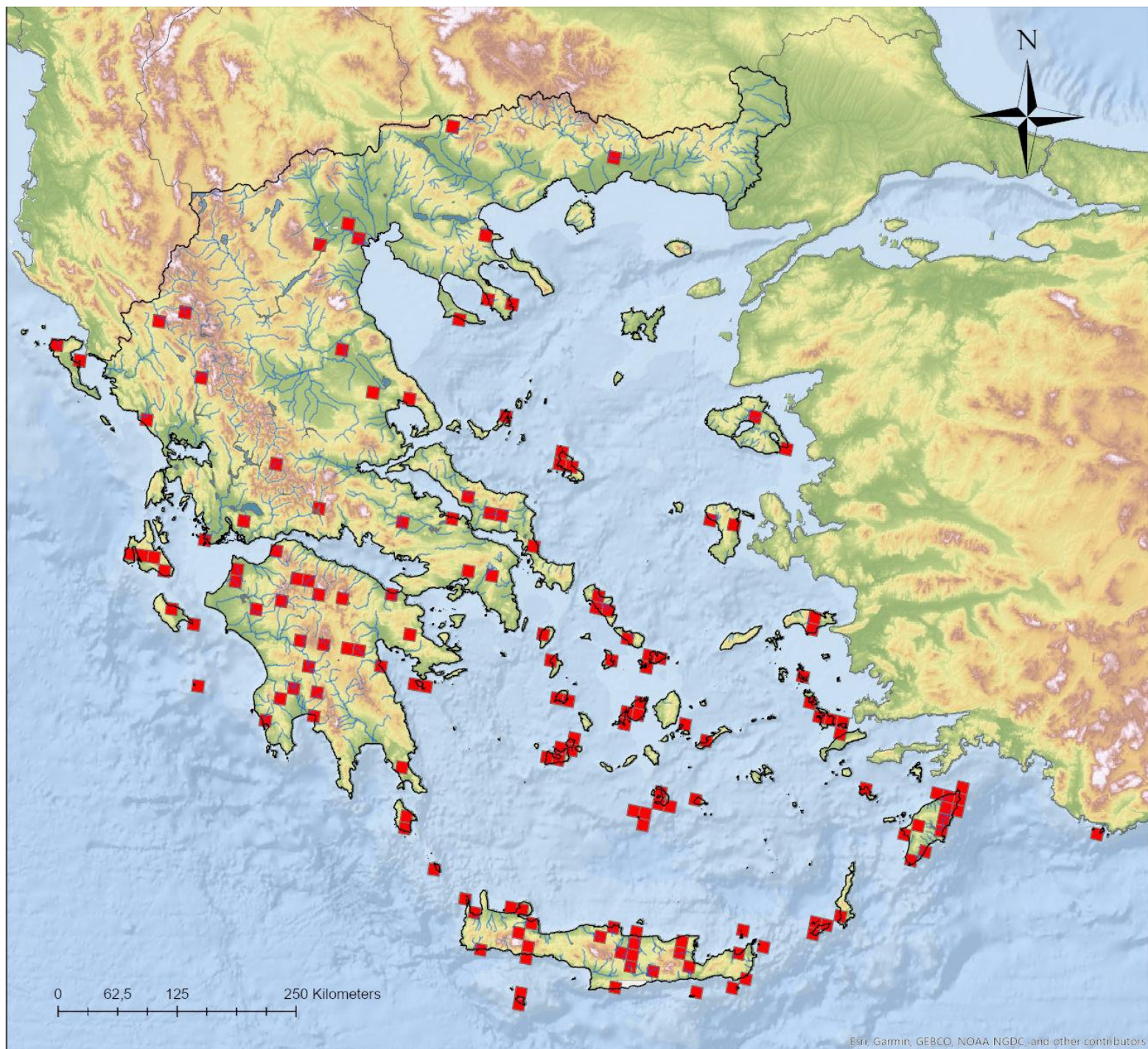
Δηλητηριώδες με ασθενές δηλητήριο στα πίσω δόντια (οπισθόγλυφο). Είναι κυρίως νυκτόβιο και το μήκος του φτάνει τα 100 cm. Τρέφεται με μικρά θηλαστικά, ερπετά και πτηνά που τα κυνηγάει ανάμεσα σε βράχους, πέτρες ή στα δέντρα στα οποία μπορεί και αναρριχάται.

Στον Ελλαδικό χώρο συναντάται κυρίως το υποείδος *Telescopus fallax fallax* αλλά και ορισμένα ενδημικά υποείδη:

- *Telescopus fallax intermedius* (Gruber, 1974) (Αντικύθηρα)
- *Telescopus fallax multisquamatus* (Wettstein, 1952) (Κουφονήσι Κρήτης)
- *Telescopus fallax pallidus* (Štěpánek, 1944) (Κρήτη, Γαύδος, Ελάσσα, Χριστιανή, Σαντορίνη, Κάσος)



*Telescopus fallax*

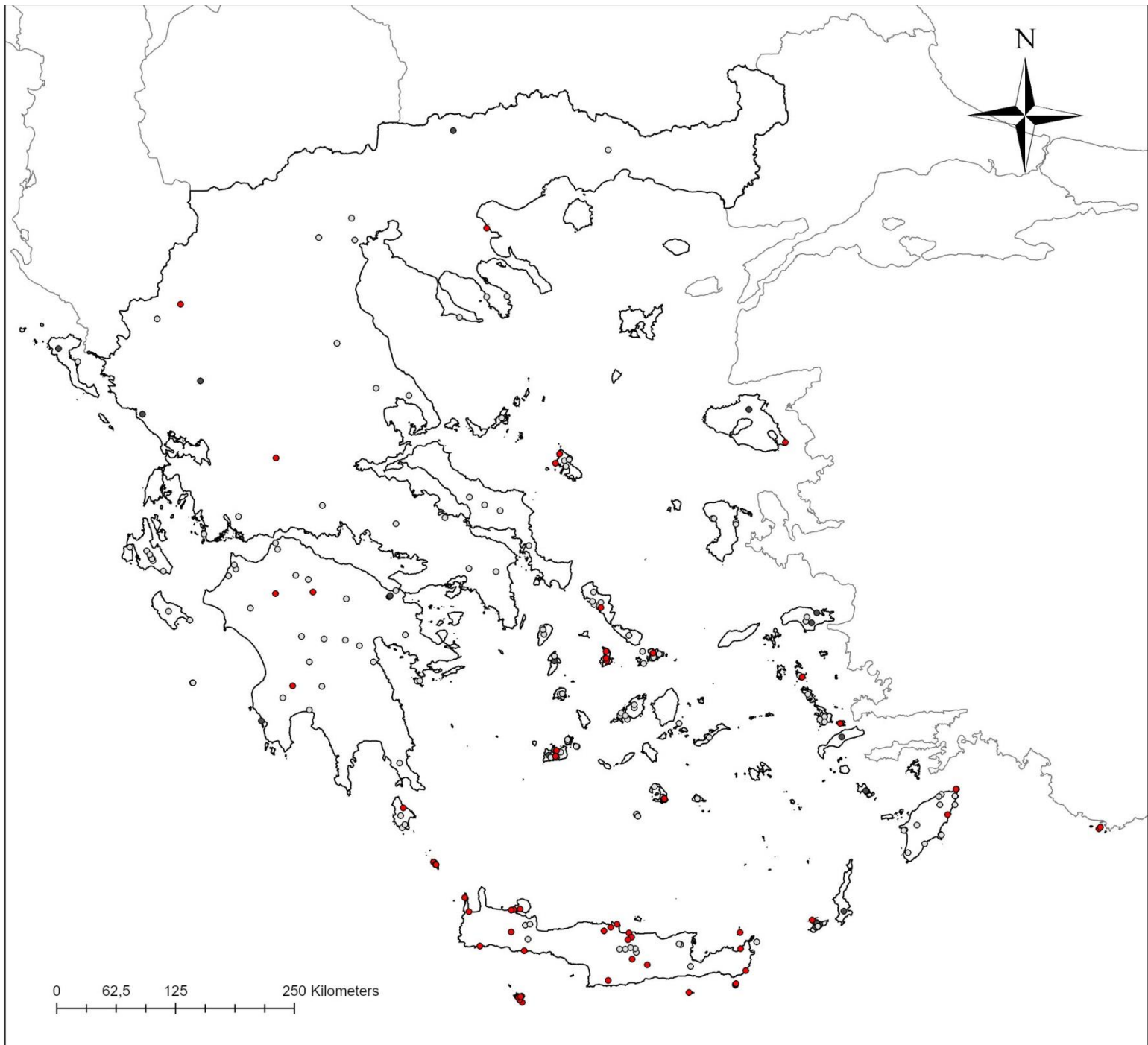


**Εικόνα 6:**

Ο χάρτης κατανομής του *Telescopus fallax* στον Ελλαδικό Χώρο. Οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά αναπαριστούνται με μια τετράγωνη επιφάνεια 10\*10km.



*Telescopus fallax*



**Εικόνα 7:**

Ο χάρτης κατανομής του *Telescopus fallax* στον Ελλαδικό Χώρο. Τα κόκκινα στίγματα προέρχονται από την συλλογή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, τα μαύρα από το πρόγραμμα καταγραφών του Υπουργείου και τα γκρι από βιβλιογραφικές αναφορές.

### 5.1.2 *Natrix natrix*

**Κύρια συνώνυμα:**

*Coluber natrix* Linnaeus, 1758 ; *Natrix vulgaris* Laurenti, 1768 ; *Coluber torquatus* Lacepede, 1789 ; *Tropidonotus natrix* Boie, 1826.

**Κοινές ονομασίες:**

Νερόφιδο

**Άλλες ονομασίες:**

Νεροφίδα, Φουρνοφάισα, Ντρίτης του νερού, Ζαμποφάης, Ύδρος.

**Terra typica:**

Σουηδία, από Mertens & Muller (1928)

**Καθεστώς κινδύνου–προστασίας**

IUCN: LC	KB: LC	Bern: III	CITES:	92/43:
----------	--------	-----------	--------	--------

**Εξάπλωση**

**Γενικά:** Εξαπλώνεται σχεδόν σε όλη την Ηπειρωτική Ευρώπη και σε ένα τμήμα της Δυτικής και Κεντρικής Ασίας.

**Ελλάδα:** Στην Ελλάδα παρουσιάζει ευρεία κατανομή καθώς εξαπλώνεται στην Ηπειρωτική Ελλάδα, την Πελοπόννησο, την Εύβοια, το αρχιπέλαγος του Ιονίου και σε πολλά νησιά του Αιγαίου. Απουσιάζει από το Κρητικό Αρχιπέλαγος και από ορισμένα νησιά των Κυκλάδων.



**Εικόνα 8:**

Η κατανομή του *N. natrix*

<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

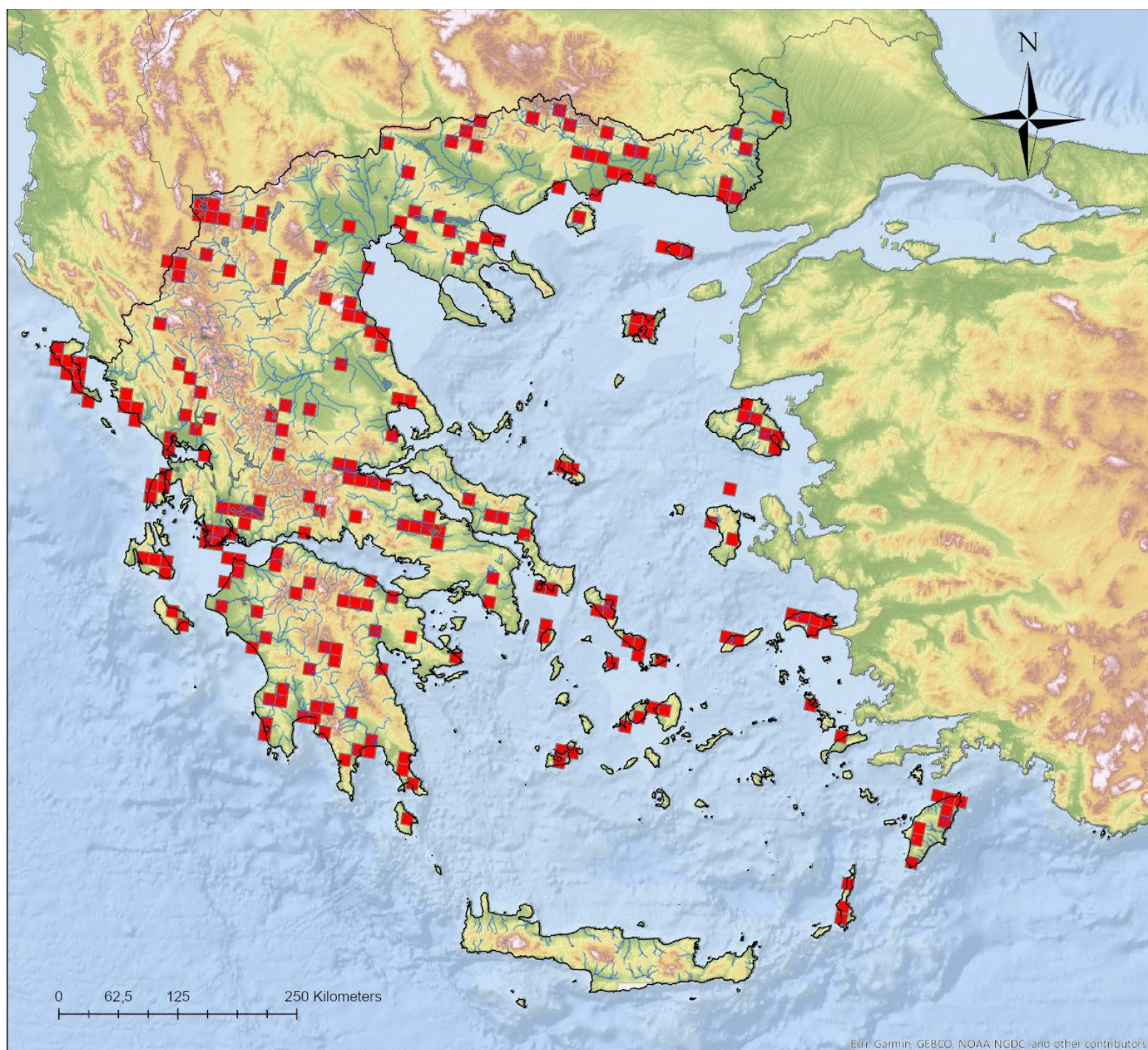
**Στοιχεία Βιολογίας:**

Μη δηλητηριώδες φίδι με ολικό μήκος περί τα 100 cm. Τα θηλυκά είναι μεγαλύτερα από τα αρσενικά και το ζευγάρωμα πραγματοποιείται την άνοιξη ενώ η εκκόλαψη δύο μήνες αργότερα. Προτιμά τους υγροτόπους κάθε είδους αλλά δραστηριοποιείται και εκτός αυτών, συχνά πολύ μακριά από το νερό. Είναι επιδέξιος κολυμβητής και τρέφεται με αμφίβια, ψάρια, ερπετά, ασπόνδυλα, μικρά θηλαστικά και πτηνά.

Τα υποείδη που απαντούν στην Ελλάδα είναι τα:

- *Natrix natrix persa* (Pallas, 1814),
- *Natrix natrix fusca* (Cattaneo, 1990) (Κέα)
- *Natrix natrix schweizeri* (L. Müller, 1932) (Μήλος, Κίμωλος, Πολύαιγος).

*Natrix natrix*

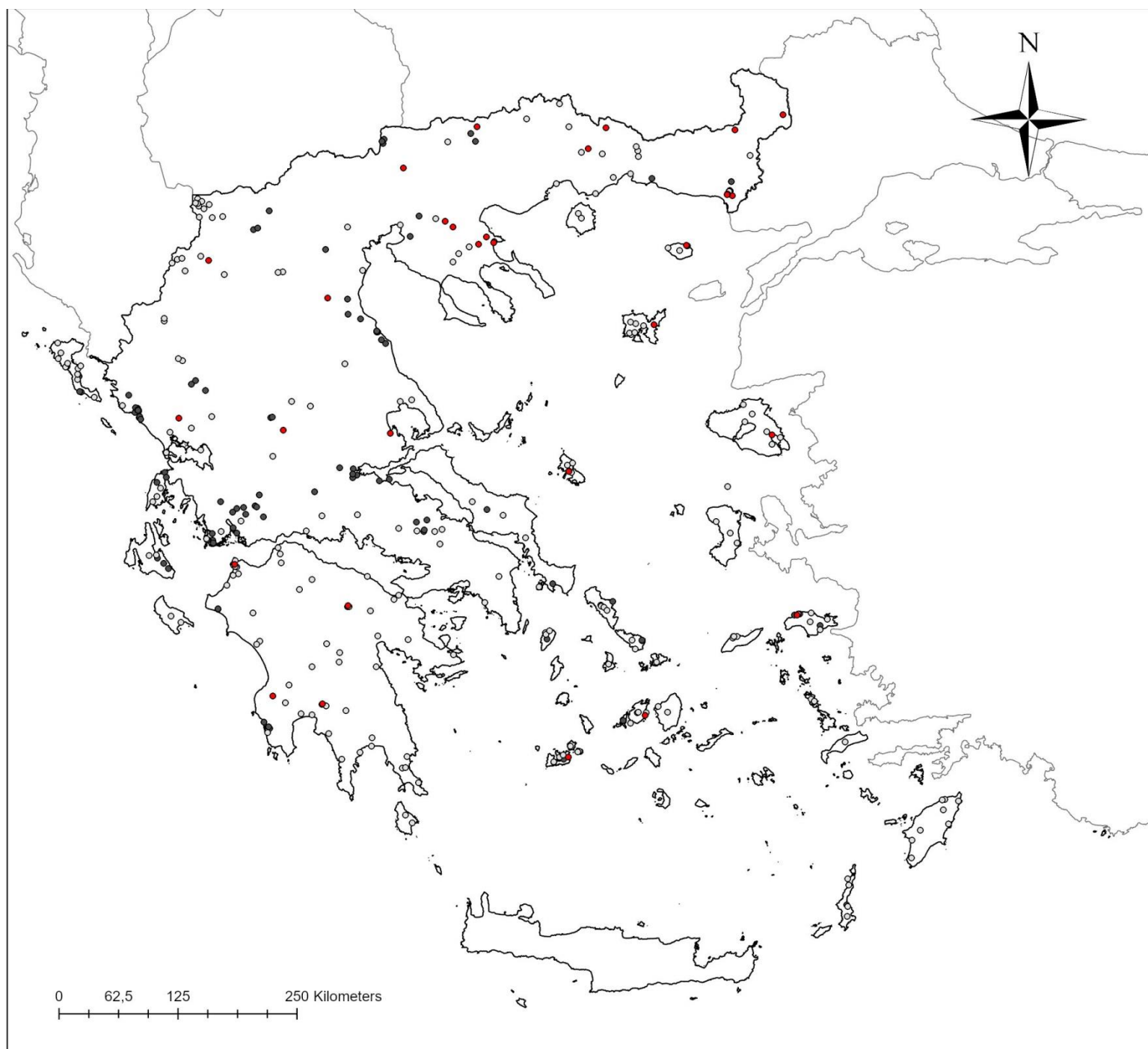


**Εικόνα 9:**

Ο χάρτης κατανομής του *Natrix natrix* στον Ελλαδικό Χώρο. Οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά αναπαριστούνται με μια τετράγωνη επιφάνεια 10\*10km.



### *Natrix natrix*



**Εικόνα 10:**

Ο χάρτης κατανομής του *Natrix natrix* στον Ελλαδικό Χώρο. Τα κόκκινα στίγματα προέρχονται από την συλλογή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, τα μαύρα από το πρόγραμμα καταγραφών του Υπουργείου και τα γκρι από βιβλιογραφικές αναφορές.

### 5.1.3 *Natrix tessellata*

**Κύρια συνώνυμα:**

*Coronella tessellata* Laurenti, 1768 ; *Coluber hydrus* Pallas, 1771 ; *Coluber gabinus* Metaxa, 1823 ; *Tropidonotus tessellatus* Wagler, 1830 ; *Tropidonotus elaphoides* Brandt, 1838.

**Κοινές ονομασίες:**

Λιμνόφιδο

**Άλλες ονομασίες:**

Κυβόφιδο, Καναλόφιδο, Ψηφιδόφιδο, Νερόφιδο.

**Terra typica:**

“Japidia, vulgo Cars”, Χερσόνησος Ίστρια, Κροατία.

**Καθεστώς κινδύνου–προστασίας**

IUCN: LC	KB: LC	Bern: II	CITES:	92/43: IV
----------	--------	----------	--------	-----------

**Εξάπλωση**

**Γενικά:** Εξαπλώνεται στην Ανατολική Ευρώπη και την Δυτική Ασία.

**Ελλάδα:** Εξαπλώνεται στην Ηπειρωτική Ελλάδα, την Πελοπόννησο, την Εύβοια, το Κρητικό Αρχιπέλαγος, σε ορισμένα νησιά του Ιονίου και σε ορισμένα του Αιγαίου.



**Εικόνα 11:**

Η κατανομή του *N. tessellata*

<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

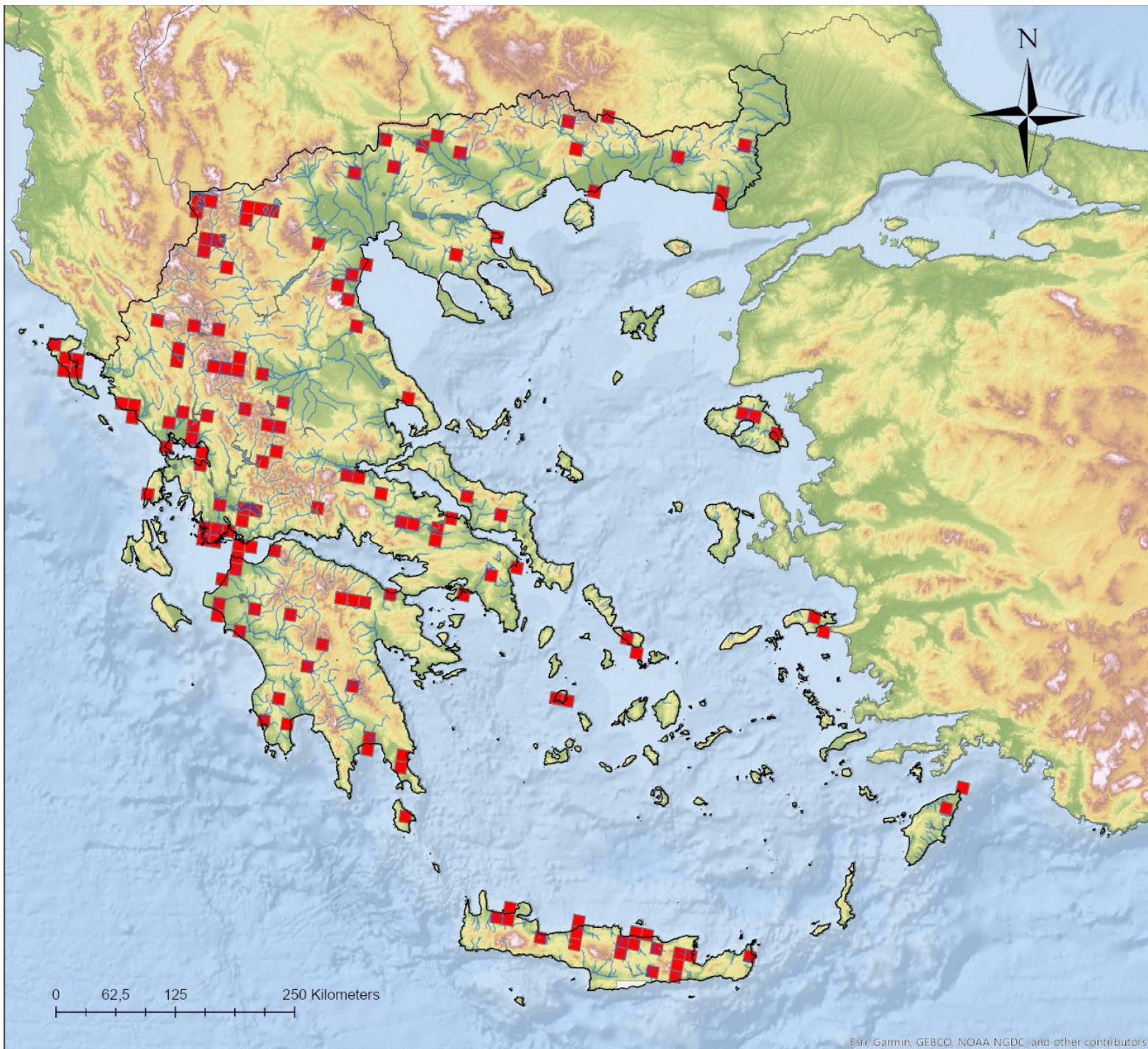
#### **Στοιχεία Βιολογίας:**

Μη δηλητηριώδες φίδι με ολικό μήκος συνήθως έως 80 cm και με τα θηλυκά να είναι μεγαλύτερα από τα αρσενικά. Ζει αποκλειστικά σε υγροτόπους και είναι καλός κολυμβητής ενώ συναντάται σε υψόμετρα μέχρι και 2200 m. Τρέφεται με ψάρια και αμφίβια τα οποία είτε τα κυνηγάει ενεργητικά είτε στήνοντας ενέδρα. Είναι δραστήριο κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και της νύχτας το καλοκαίρι. Ζευγαρώνει την άνοιξη και τα θηλυκά γεννούν το καλοκαίρι.

Στον Ελλαδικό χώρο συναντάται το υποείδος *Natrix tessellata tessellata*.



*Natrix tessellata*

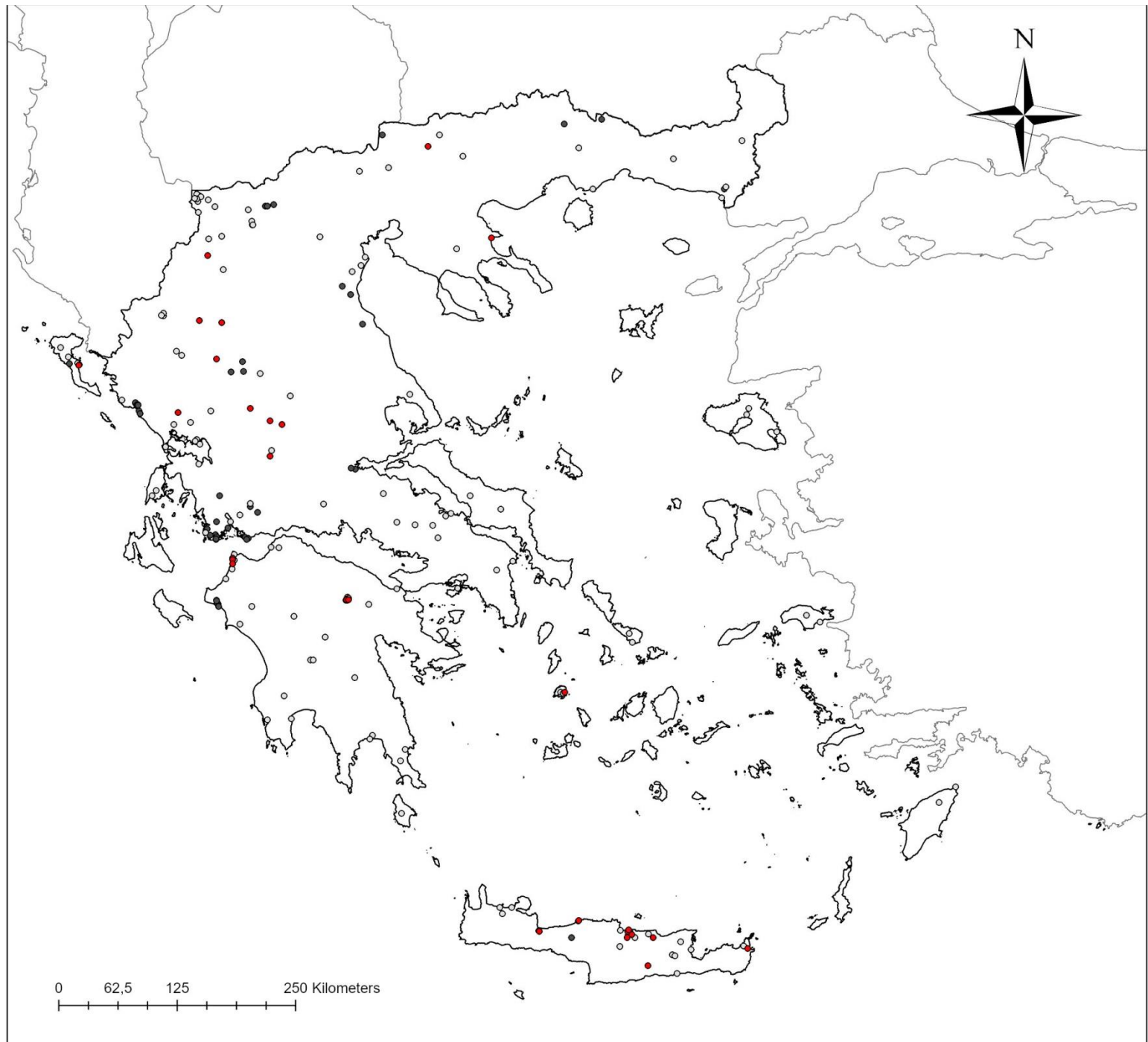


**Εικόνα 12:**

Ο χάρτης κατανομής του *Natrix tessellata* στον Ελλαδικό Χώρο. Οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά αναπαριστούνται με μια τετράγωνη επιφάνεια 10\*10km.



*Natrix tessellata*



**Εικόνα 13:**

Ο χάρτης κατανομής του *Natrix tessellata* στον Ελλαδικό Χώρο. Τα κόκκινα στίγματα προέρχονται από την συλλογή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, τα μαύρα από το πρόγραμμα καταγραφών του Υπουργείου και τα γκρι από βιβλιογραφικές αναφορές.

### 5.1.4 *Malpolon insignitus*

**Κύρια συνώνυμα:**

*Coelopeltis insignitus*, DUMÉRIL & BIBRON 1854 ; *Coelopeltis monspessulana*, BOULENGER 1920 ; *Malpolon monspessulana insignitus*, MERTENS & MÜLLER 1928 ; *Malpolon monspessulanus insignitus*, ESTERBAUER 1985

**Κοινές ονομασίες:**

Σαπίτης

**Άλλες ονομασίες:**

Κοιλοπέλτης, Σαυρόφιδο

**Terra typica:**

“Dalmatia et Istria prope ad hortas et urbes”, κήποι και αστικές περιοχές στην Χερσόνησο Ίστρια, Κροατία.

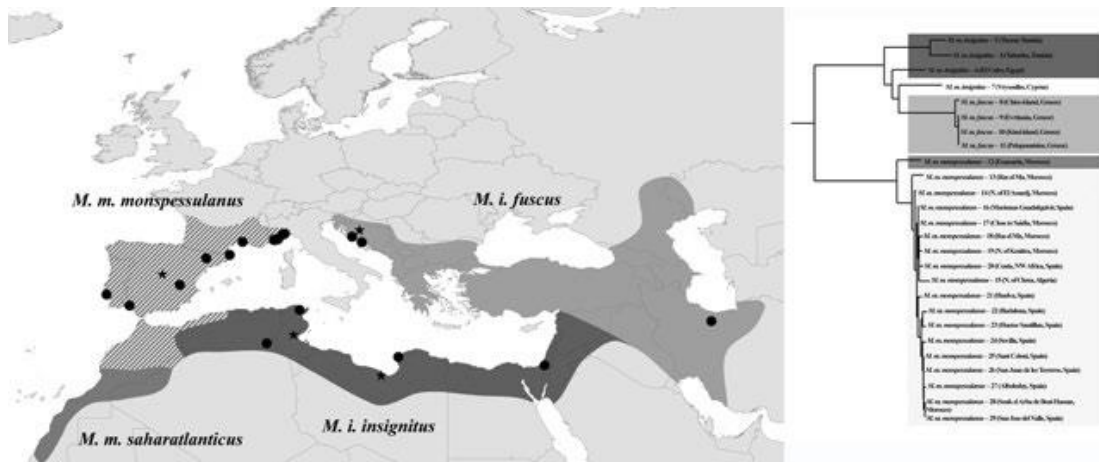
**Καθεστώς κινδύνου–προστασίας**

IUCN: LC	KB: LC	Bern: III	CITES:	92/43:
----------	--------	-----------	--------	--------

**Εξάπλωση**

**Γενικά:** Εξαπλώνεται σχεδόν σε όλες τις χώρες περιμετρικά της Μεσογείου αλλά και στην Αρμενία και το Αζερμπαϊτζάν. Απουσιάζει από την Νότια Ιταλία καθώς και από μεγάλα νησιά της Μεσογείου όπως η Κορσική, η Κρήτη και η Κύπρος.

**Ελλάδα:** Η κατανομή του στον Ελλαδικό χώρο περιλαμβάνει την Ηπειρωτική Ελλάδα, την Πελοπόννησο, την Εύβοια, το αρχιπέλαγος του Ιονίου και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου ενώ απουσιάζει από τα νησιά του Δυτικού Αιγαίου καθώς και από το Κρητικό Αρχιπέλαγος.



**Εικόνα 14:**

Η κατανομή των *M. monspessulanus* (Mangiacotti et al. 2014).

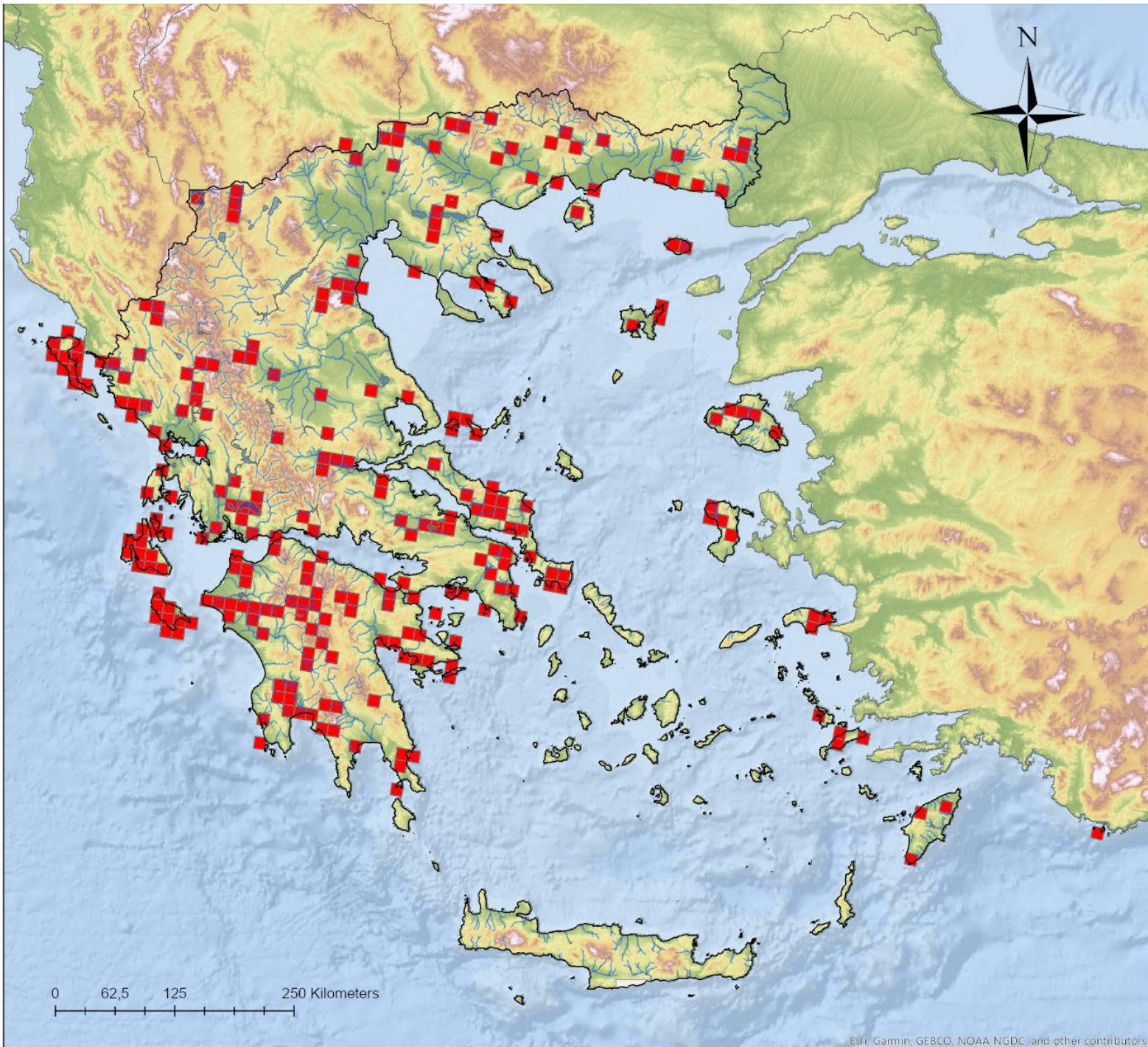
**Στοιχεία Βιολογίας:**

Δηλητηριώδες με ασθενές δηλητήριο στα πίσω δόντια (οπισθογλυφο) και ολικό μήκος μέχρι 200 cm. Είναι ημερόβιο φίδι που κινείται γρήγορα, κολυμπά και σκαρφαλώνει με ευκολία και έχει καλή όραση. Συναντάται σε μια ποικιλία ενδιαιτημάτων εκ των οποίων εντοπίζεται συχνότερα σε ξηρά ενδιαιτήματα με μεσογειακή μακία και υψομετρικά εντοπίζεται μέχρι τα 600 m ενώ ψηλότερα πιο σπάνια. Ζευγαρώνει από τον Απρίλιο έως και τον Μάιο και η εκκόλαψη συμβαίνει δύο μήνες αργότερα. Τρέφεται κυρίως με σαύρες αλλά και με μικροθηλαστικά, πτηνά, αμφίβια, καθώς επίσης και με φίδια.

Στον Ελλαδικό χώρο συναντάται το υποείδος *Malpolon insignitus fuscus* (Fleischmann 1831).



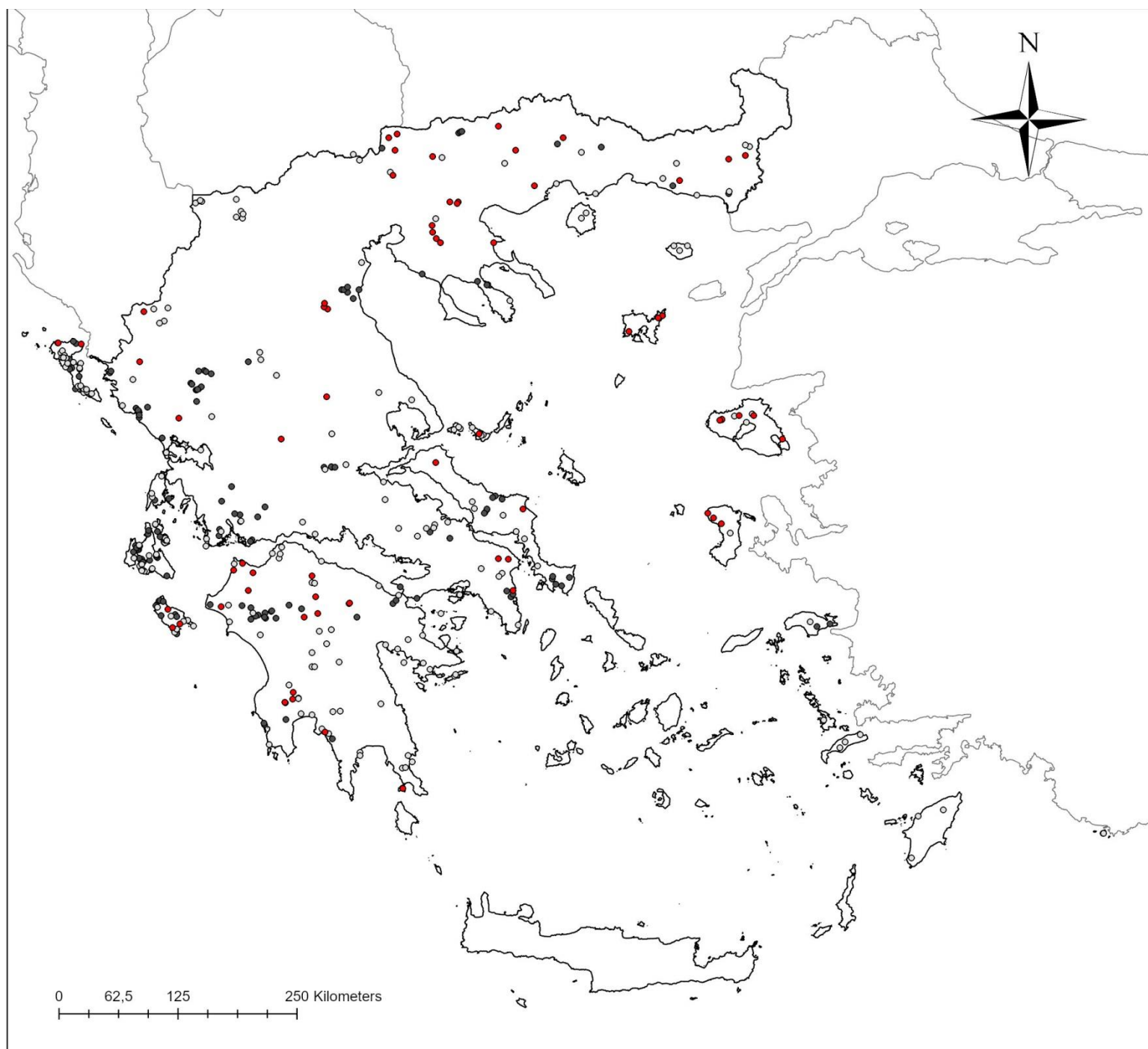
*Malpolon insignitus*



**Εικόνα 15:**

Ο χάρτης κατανομής του *Malpolon insignitus* στον Ελλαδικό Χώρο. Οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά αναπαριστούνται με μια τετράγωνη επιφάνεια 10\*10km.

*Malpolon insignitus*



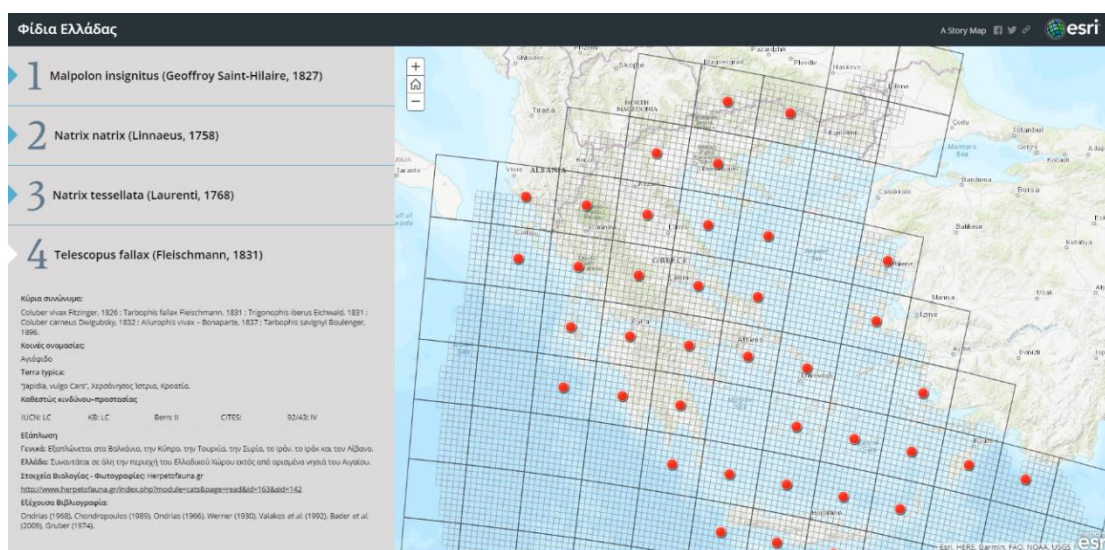
**Εικόνα 16:**

Ο χάρτης κατανομής του *Malpolon insignitus* στον Ελλαδικό Χώρο. Τα κόκκινα στίγματα προέρχονται από την συλλογή του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, τα μαύρα από το πρόγραμμα καταγραφών του Υπουργείου και τα γκρι από βιβλιογραφικές αναφορές.



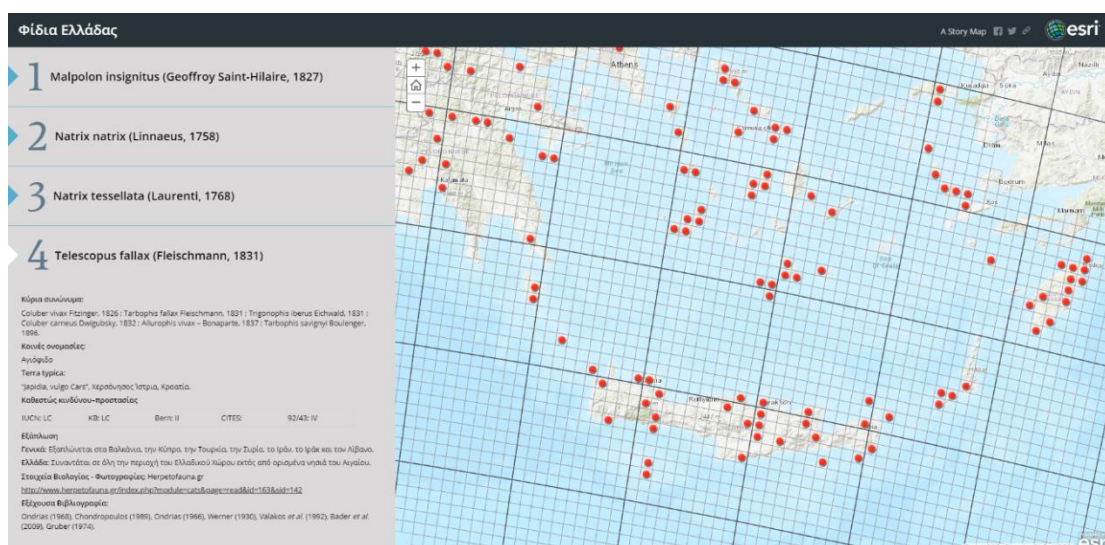
## 5.2 Διαδικτυακός Άτλας

Όπως προαναφέρθηκε, οι κατανομές των ειδών θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία ενός διαδικτυακού Άτλαντα. Η παρουσία ενός είδους σε μία περιοχή σημαίνεται με ένα σημείο στο κέντρο του τετραγώνου. Η απεικόνιση θα γίνεται με την χρήση grid τριών διαφορετικών κλιμάκων (100\*100 km, 10\*10 km, 1\*1 km) και ο επισκέπτης της ιστοσελίδας θα έχει την δυνατότητα να βλέπει πιο λεπτομερώς την κατανομή όσο ζουμάρει στον χάρτη. Στις **εικόνες 17, 18** και **19** παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα τις κατανομής του *T. fallax* όπως θα είναι στον διαδικτυακό άτλαντα.



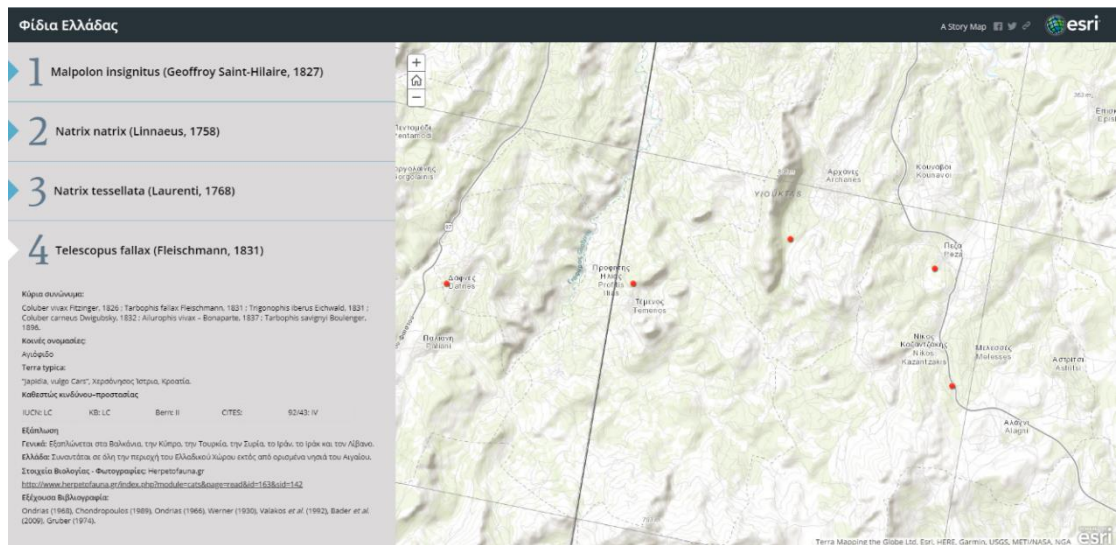
**Εικόνα 17:**

Ο χάρτης κατανομής του *T. fallax* στον Ελλαδικό Χώρο σε grid 100\*100 km.



**Εικόνα 18:**

Ο χάρτης κατανομής του *T. fallax* στον Ελλαδικό Χώρο σε grid 10\*10 km.



**Εικόνα 19:**

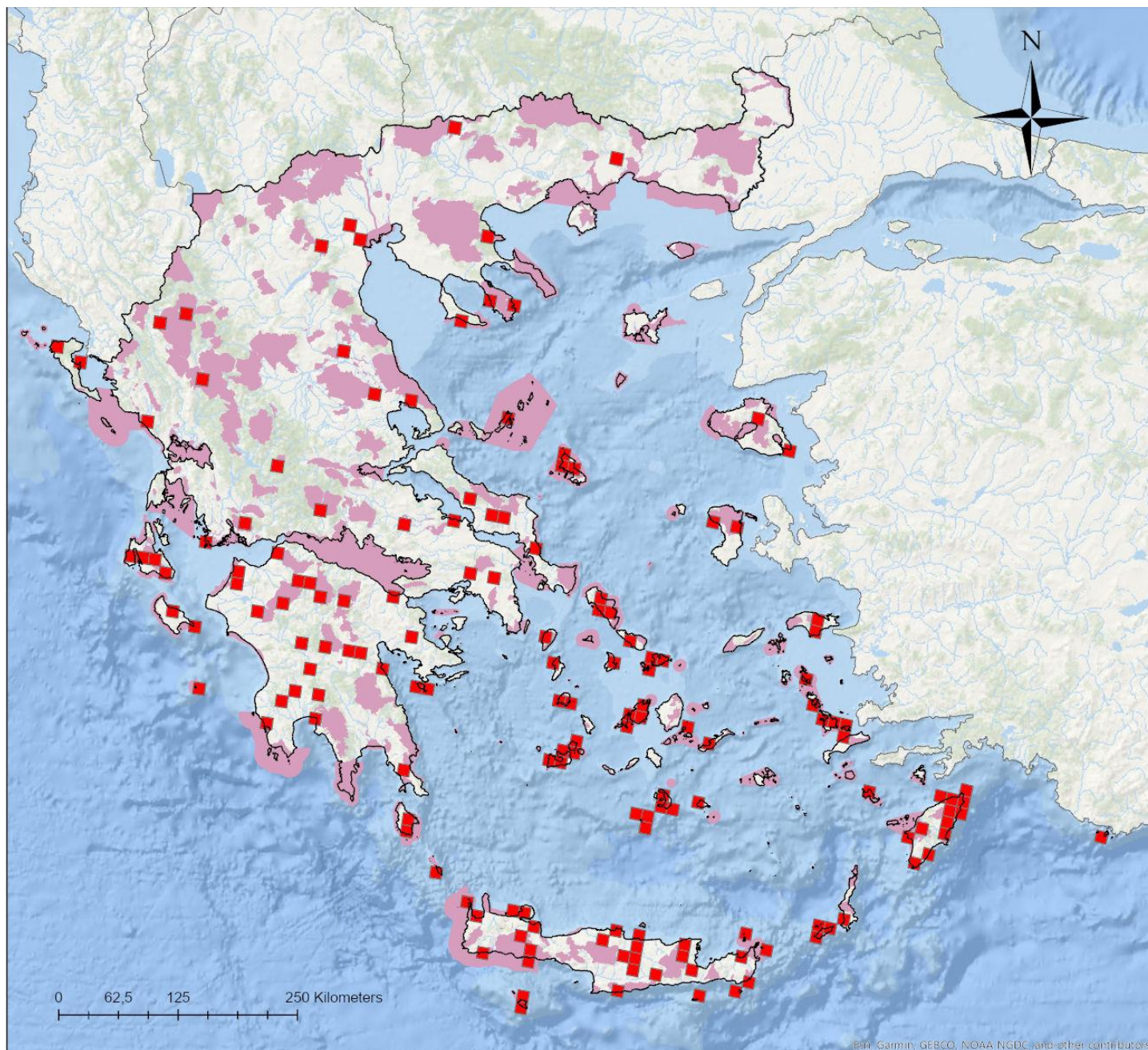
Ο χάρτης κατανομής του *T. fallax* στον Ελλαδικό Χώρο σε grid 1\*1 km. Τα στίγματα δεν αντιπροσωπεύουν το ακριβές σημείο εύρεσης του ζώου αλλά αναπαριστούν το κέντρο ενός τετραγώνου με πλευρά 1\*1 km όπως και στα προηγούμενα παραδείγματα. Ωστόσο το grid 1\*1 km δεν φαίνεται στην παρούσα εικόνα για τεχνικούς λόγους.



### 5.3 Οι κατανομές των ειδών σε σχέση με τις περιοχές NATURA

Σ' αυτή την υποενότητα παρατίθενται οι χάρτες των κατανομών των ειδών για τον Ελλαδικό Χώρο σε σχέση με τις προστατευόμενες περιοχές NATURA, όπως προέκυψαν μετά την επεξεργασία των δεδομένων.

#### *Telescopus fallax*

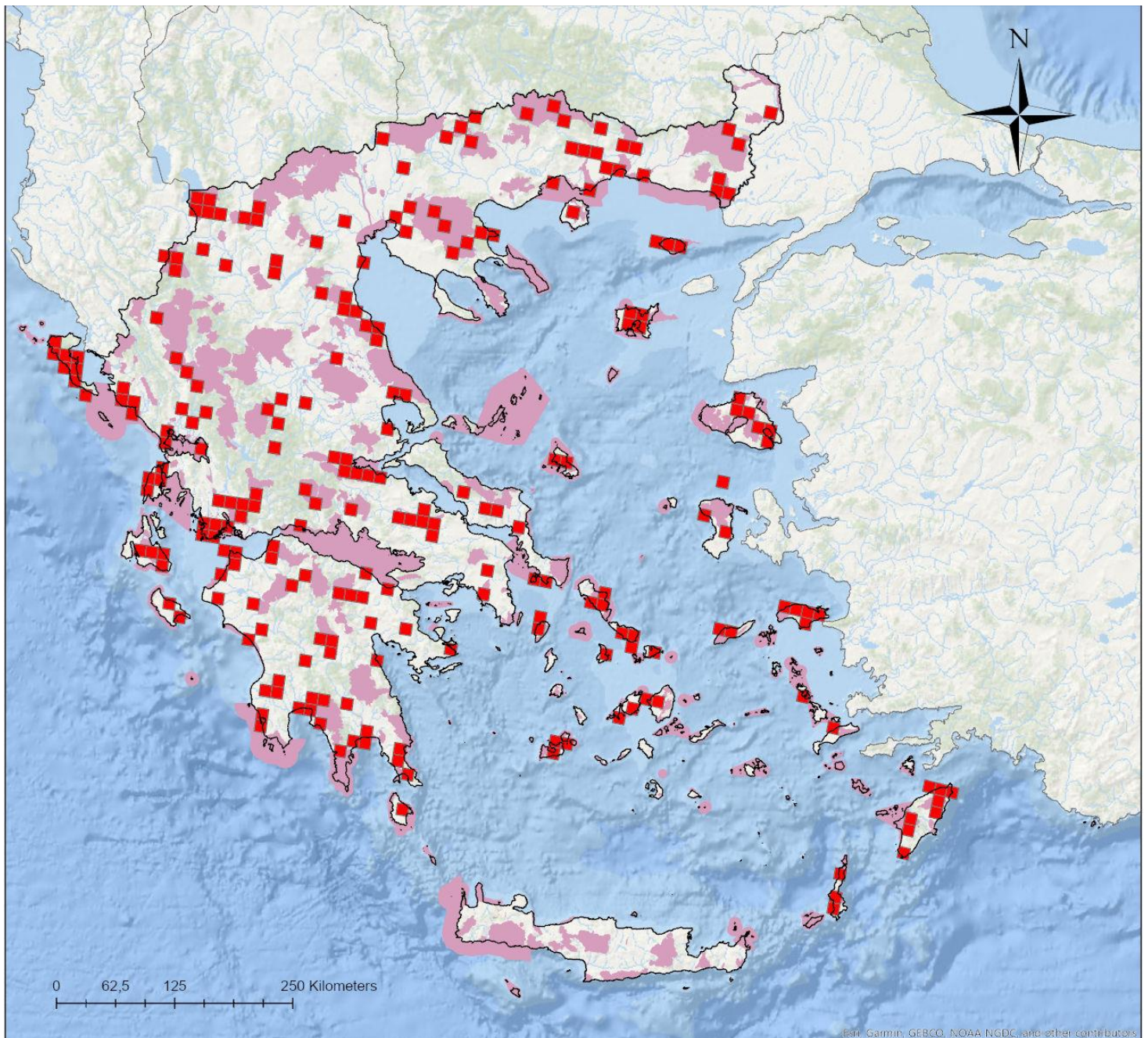


**Εικόνα 20:**

Ο χάρτης κατανομής του *Telescopus fallax* στον Ελλαδικό Χώρο σε σχέση με τις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000. Οι περιοχές Natura 2000 αναπαριστούνται με τις ροζ επιφάνειες ενώ οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά με τις τετράγωνες επιφάνειες 10\*10km.



### *Natrix natrix*

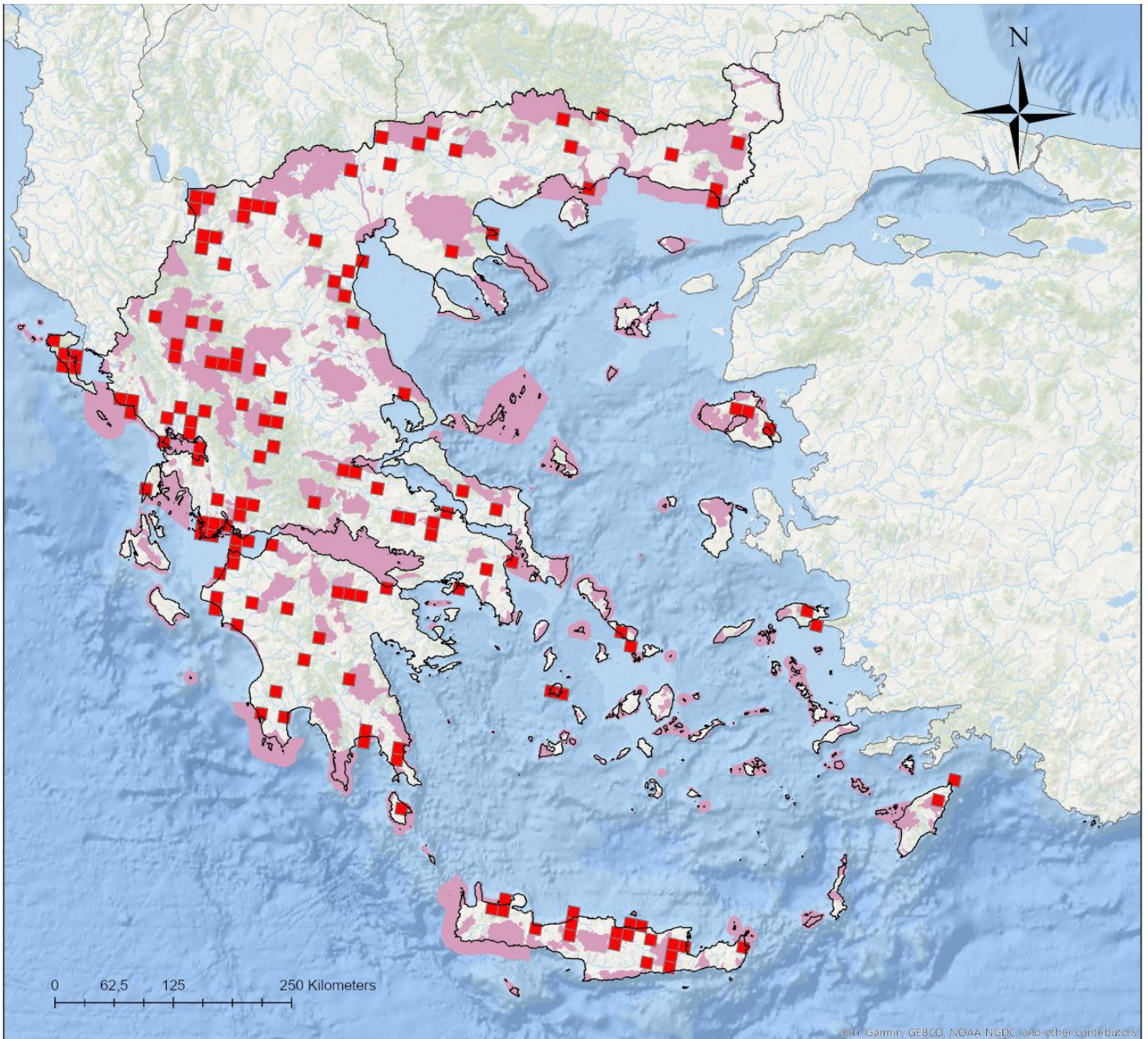


**Εικόνα 21:**

Ο χάρτης κατανομής του *Natrix natrix* στον Ελλαδικό Χώρο σε σχέση με τις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000. Οι περιοχές Natura 2000 αναπαριστούνται με τις ροζ επιφάνειες ενώ οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά με τις τετράγωνες επιφάνειες 10\*10km.



### *Natrix tessellata*

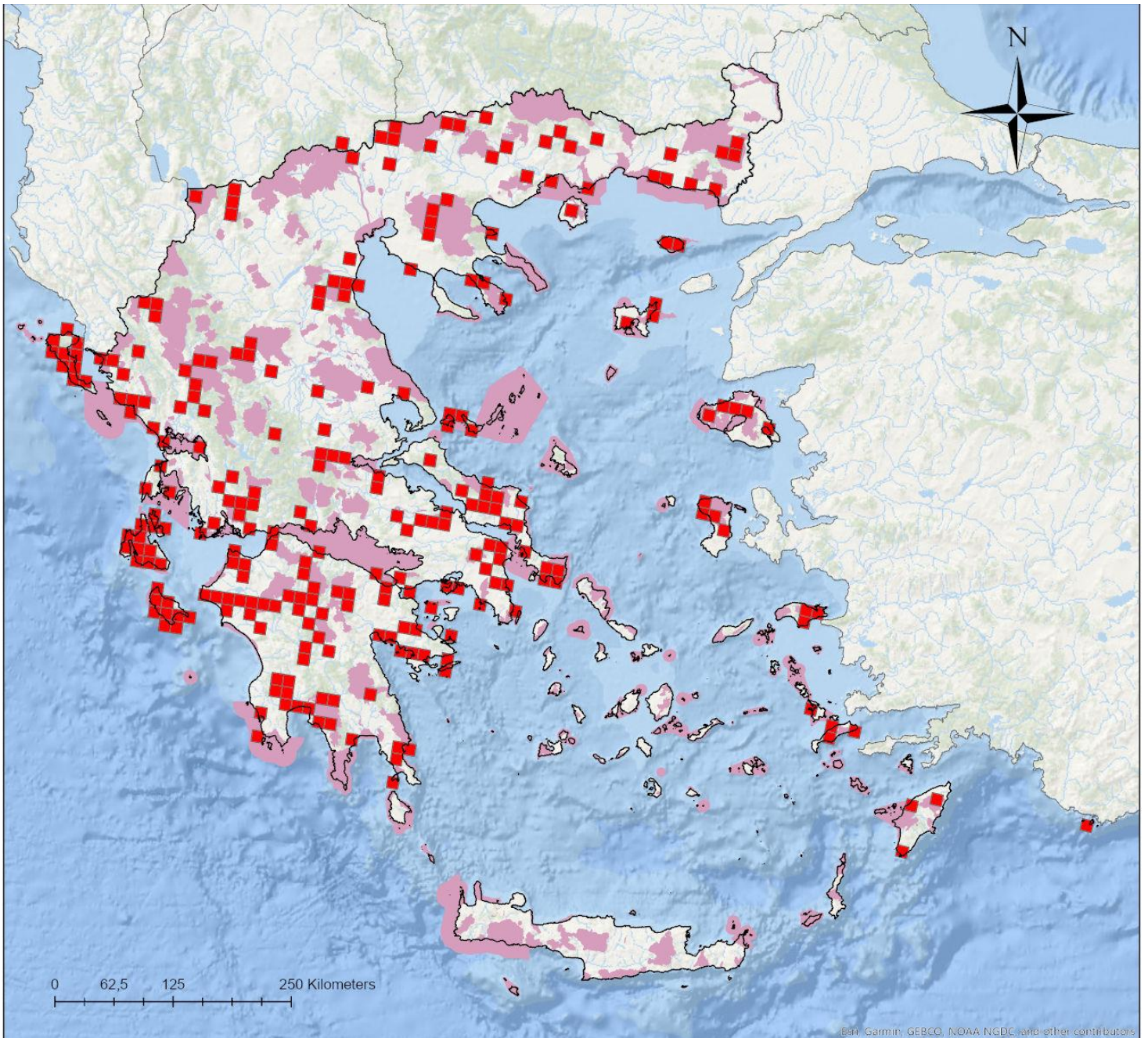


#### **Εικόνα 22:**

Ο χάρτης κατανομής του *Natrix tessellata* στον Ελλαδικό Χώρο σε σχέση με τις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000. Οι περιοχές Natura 2000 αναπαριστούνται με τις ροζ επιφάνειες ενώ οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά με τις τετράγωνες επιφάνειες 10\*10km.



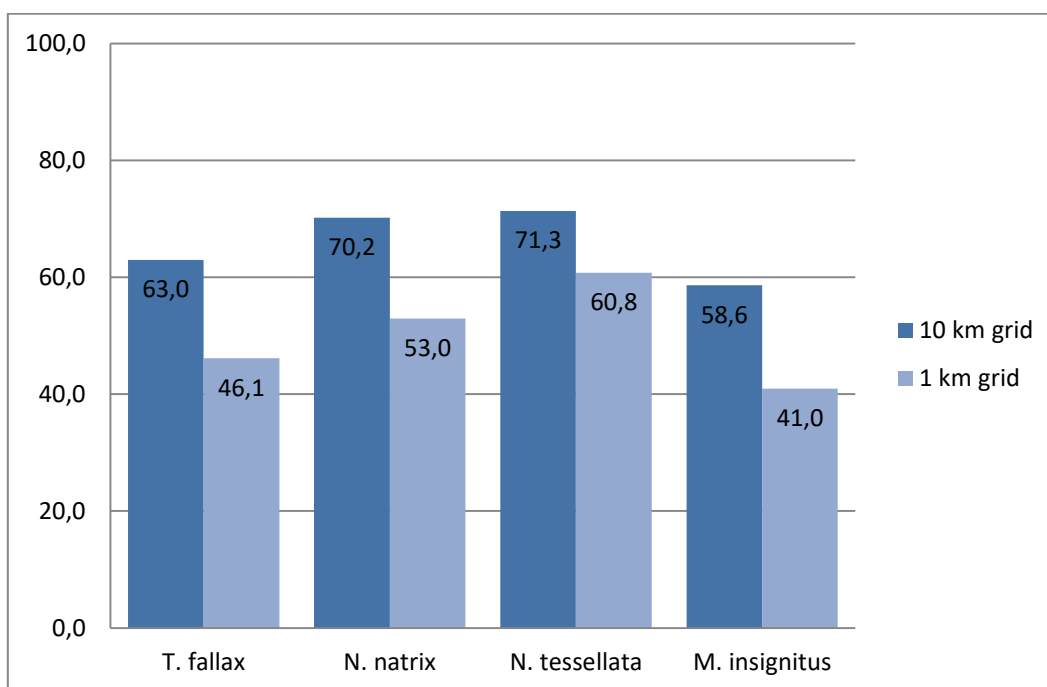
*Malpolon insignitus*



**Εικόνα 23:**

Ο χάρτης κατανομής του *Malpolon insignitus* στον Ελλαδικό Χώρο σε σχέση με τις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000. Οι περιοχές Natura 2000 αναπαριστούνται με τις ροζ επιφάνειες ενώ οι περιοχές που έχει καταγραφεί το είδος τουλάχιστον μία φορά με τις τετράγωνες επιφάνειες 10\*10km.

### Ποσοστό της παρουσίας των ειδών σε περιοχές NATURA.



**Εικόνα 24:**

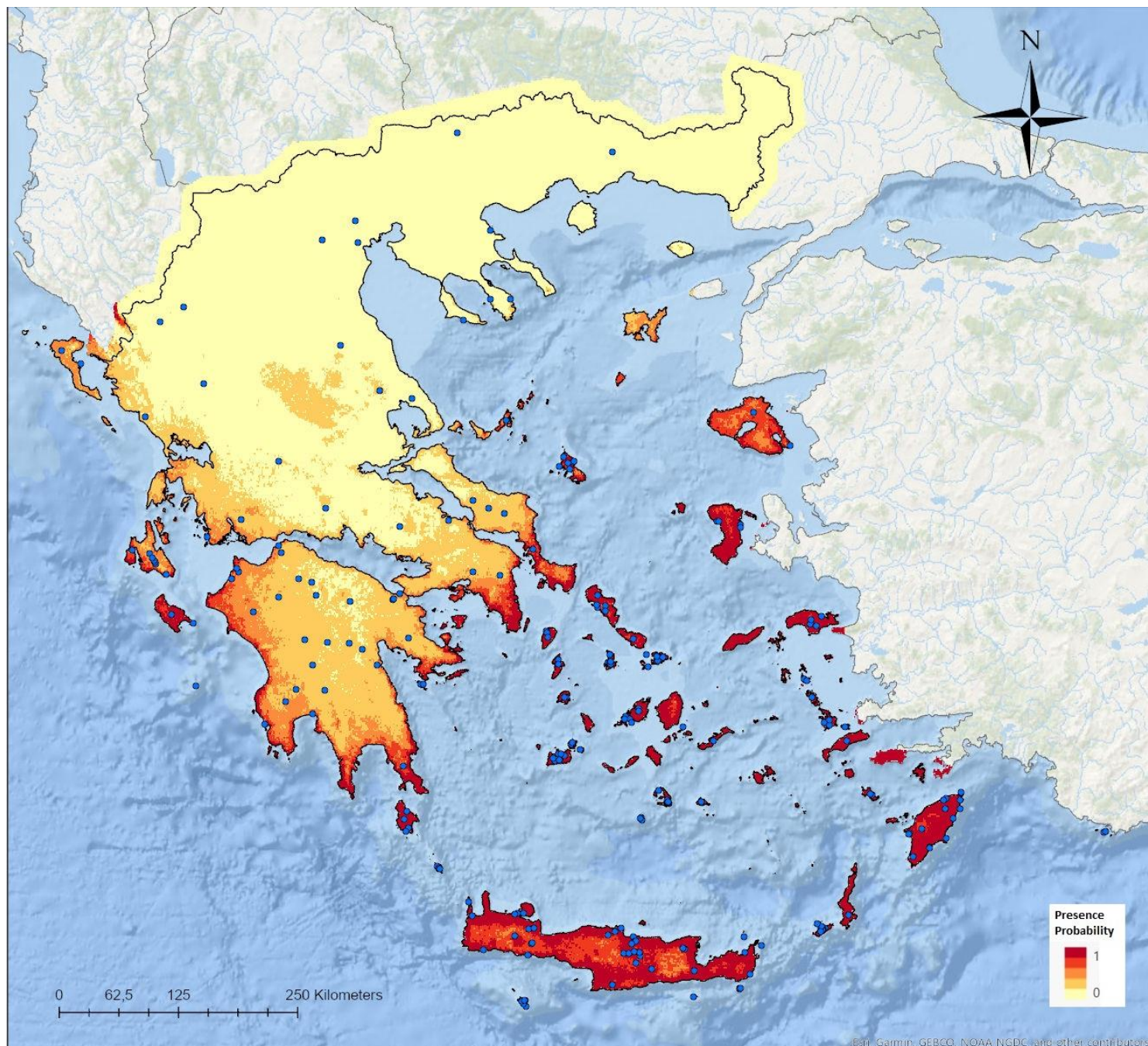
Στο γράφημα παρουσιάζεται το ποσοστό (%) των περιοχών που έχει εντοπιστεί το εκάστοτε είδος και οι οποίες διέρχονται από μία χερσαία περιοχή NATURA. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζεται το ποσοστό που προέκυψε όταν για την αναπαράσταση της κατανομής χρησιμοποιήθηκε το grid των 10 km και στην δεύτερη όταν χρησιμοποιήθηκε το grid του 1 km.



## 5.4 SDMs

### 5.4.1 Μοντέλα για το παρόν

#### *Telescopus fallax*

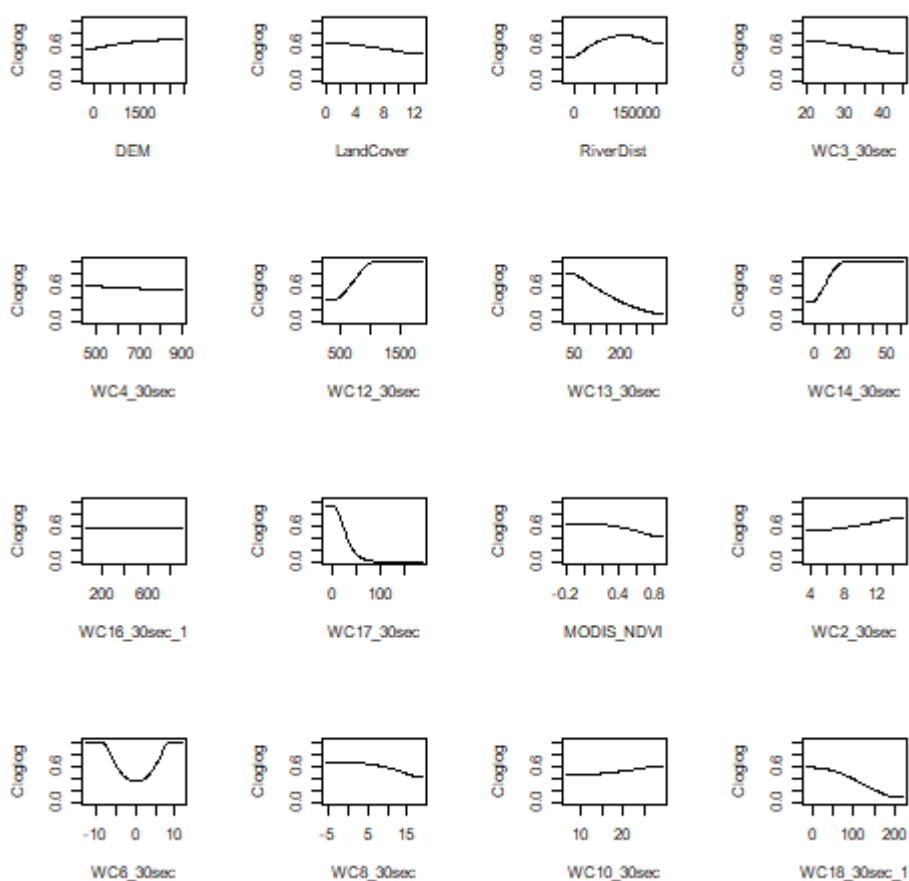


**Εικόνα 25:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Telescopus fallax* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίστανται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 25 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Telescopus fallax*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 30 arc/sec, η υψηλότερη δυνατή ανάλυση που διατίθεται από το CORINE. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Linear Quadratic για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,859**

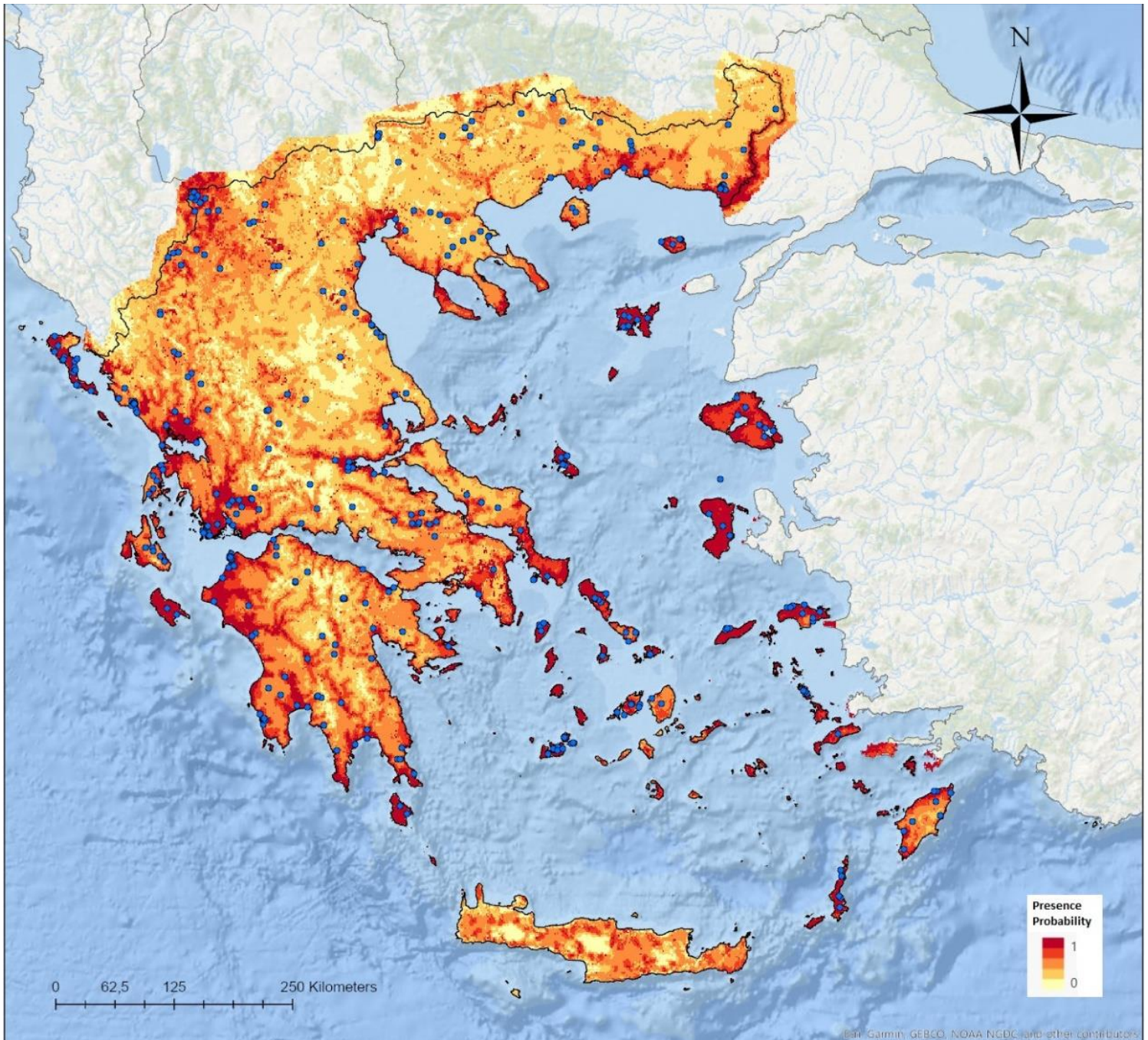


**Εικόνα 26:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Telescopus fallax* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. DEM: Υψόμετρο, LandCover: Χρήσεις Γης, RiverDist: Απόσταση από επιφανειακά ύδατα, MODIS\_NDVI: Δείκτης φυτοκάλυψης, WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στην υποενότητα 4.2.2.



### *Natrix natrix*



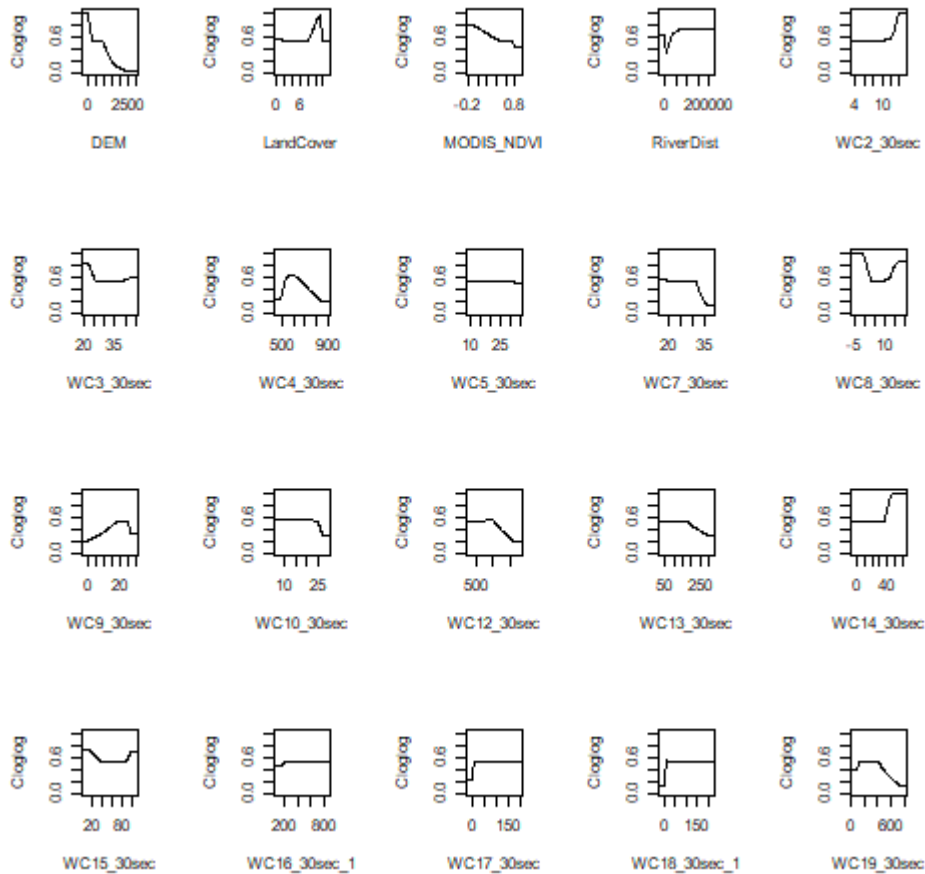
**Εικόνα 27:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix natrix* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 27 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Natrix natrix*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 30 arc/sec, η υψηλότερη δυνατή ανάλυση που διατίθεται

από το CORINE. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Hinge για τους λόγους που ανα-φέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,774**

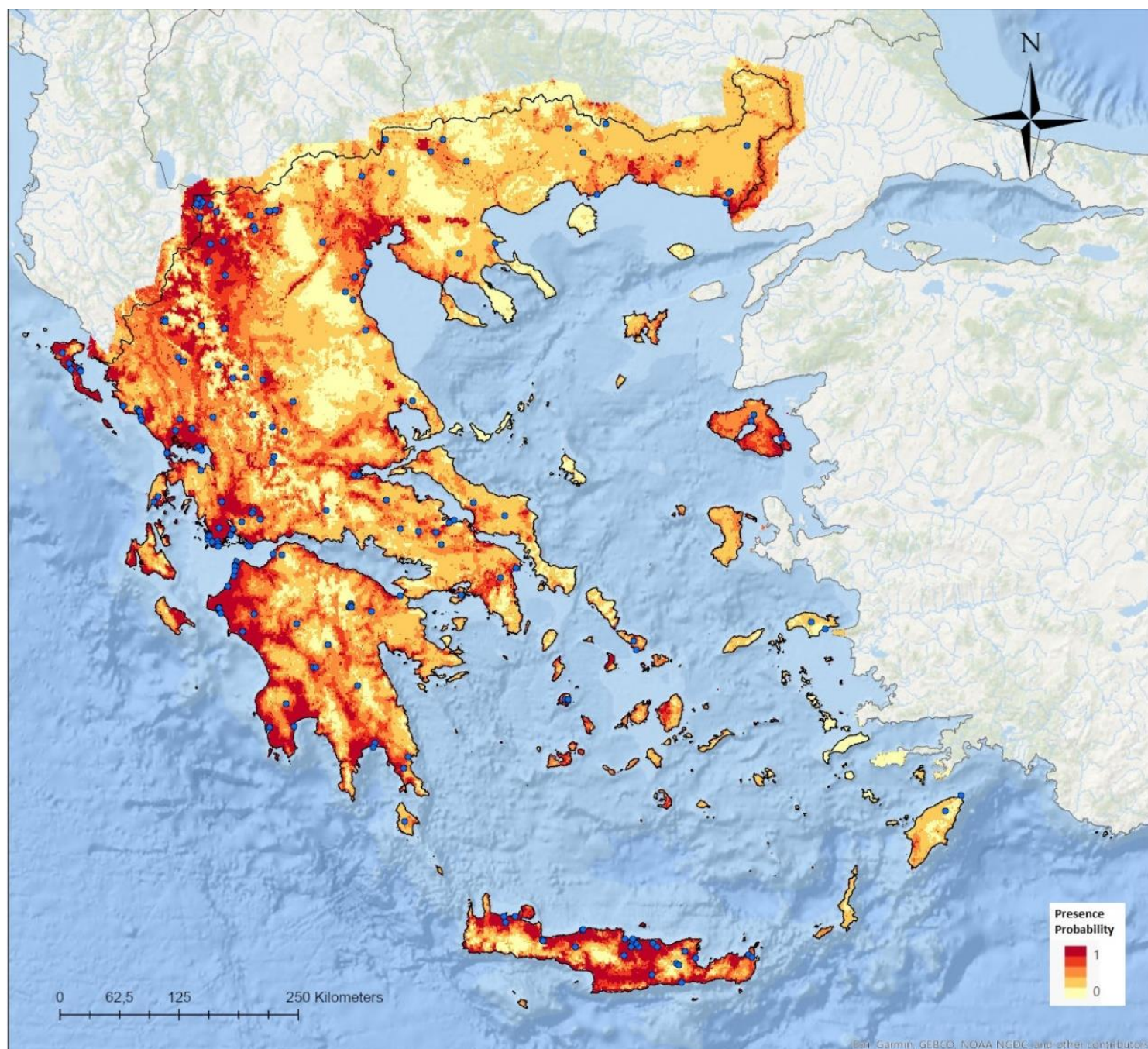


**Εικόνα 28:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Natrix natrix* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. DEM: Υψόμετρο, LandCover: Χρήσεις Γης, RiverDist: Απόσταση από επιφανειακά ύδατα, MODIS\_NDVI: Δείκτης φυτοκάλυψης, WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



### *Natrix tessellata*



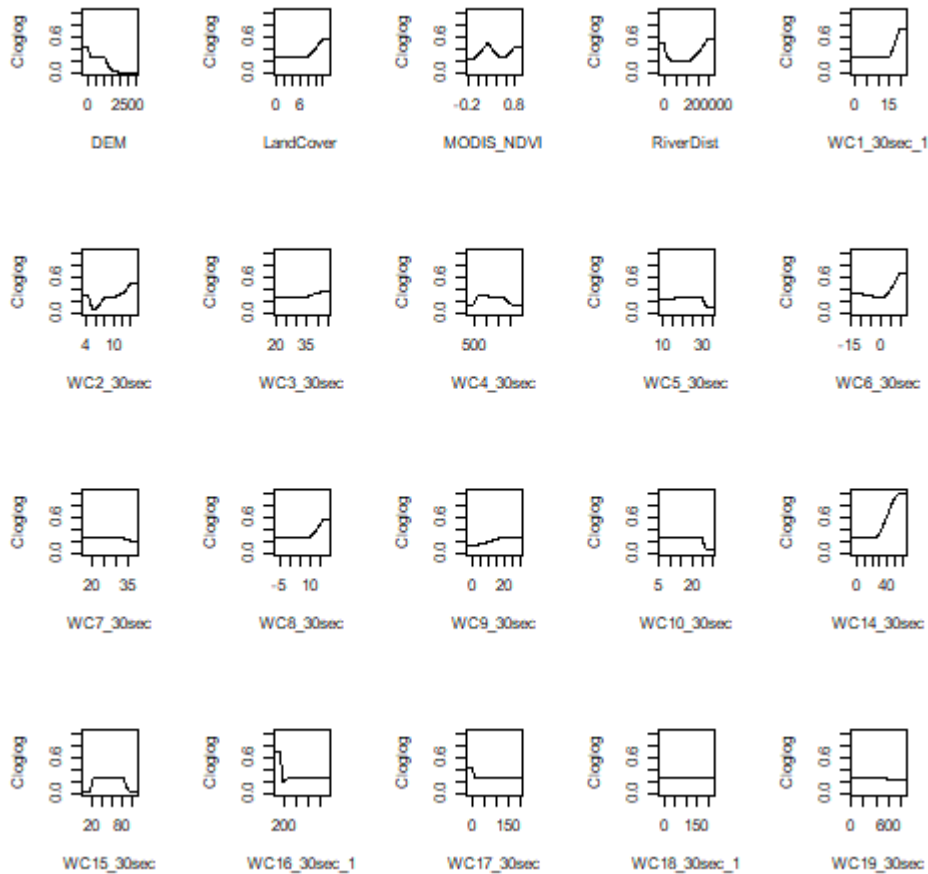
#### **Εικόνα 29:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix tessellata* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 29 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Natrix tessellata*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 30 arc/sec, η υψηλότερη δυνατή ανάλυση που διατίθεται

από το CORINE. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Hinge για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,809**

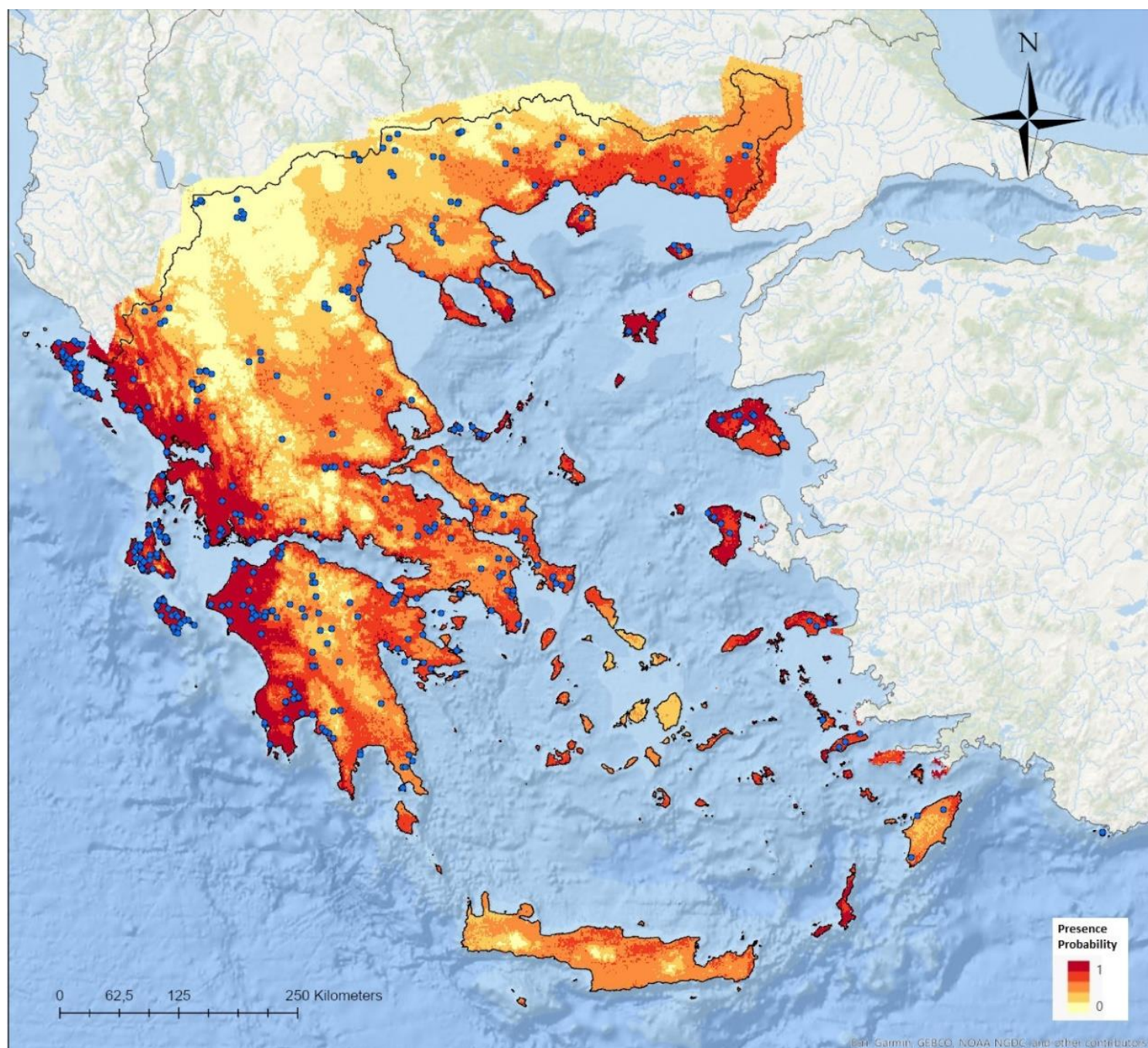


**Εικόνα 30:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Natrix tessellata* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. DEM: Υψόμετρο, LandCover: Χρήσεις Γης, RiverDist: Απόσταση από επιφανειακά ύδατα, MODIS\_NDVI: Δείκτης φυτοκάλυψης, WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



### *Malpolon insignitus*



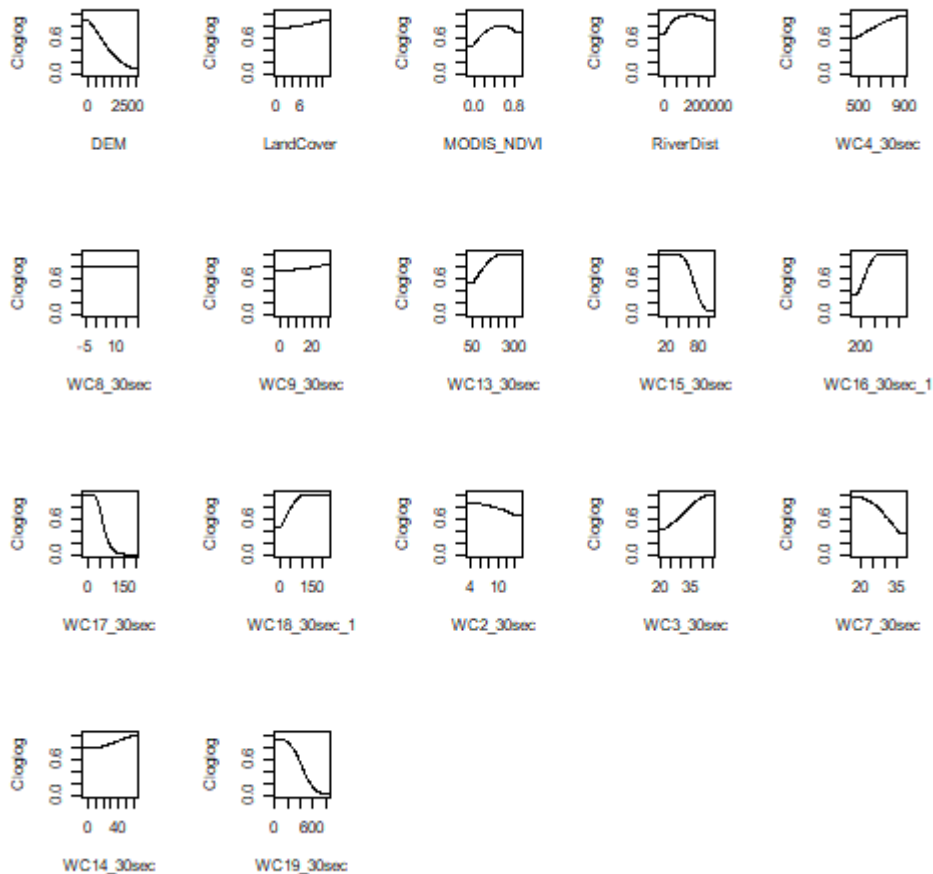
#### **Εικόνα 31:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Malpolon insignitus* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 31 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Malpolon insignitus*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 30 arc/sec, η υψηλότερη δυνατή ανάλυση που

διατίθεται από το CORINE. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Linear Quadratic για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,726**



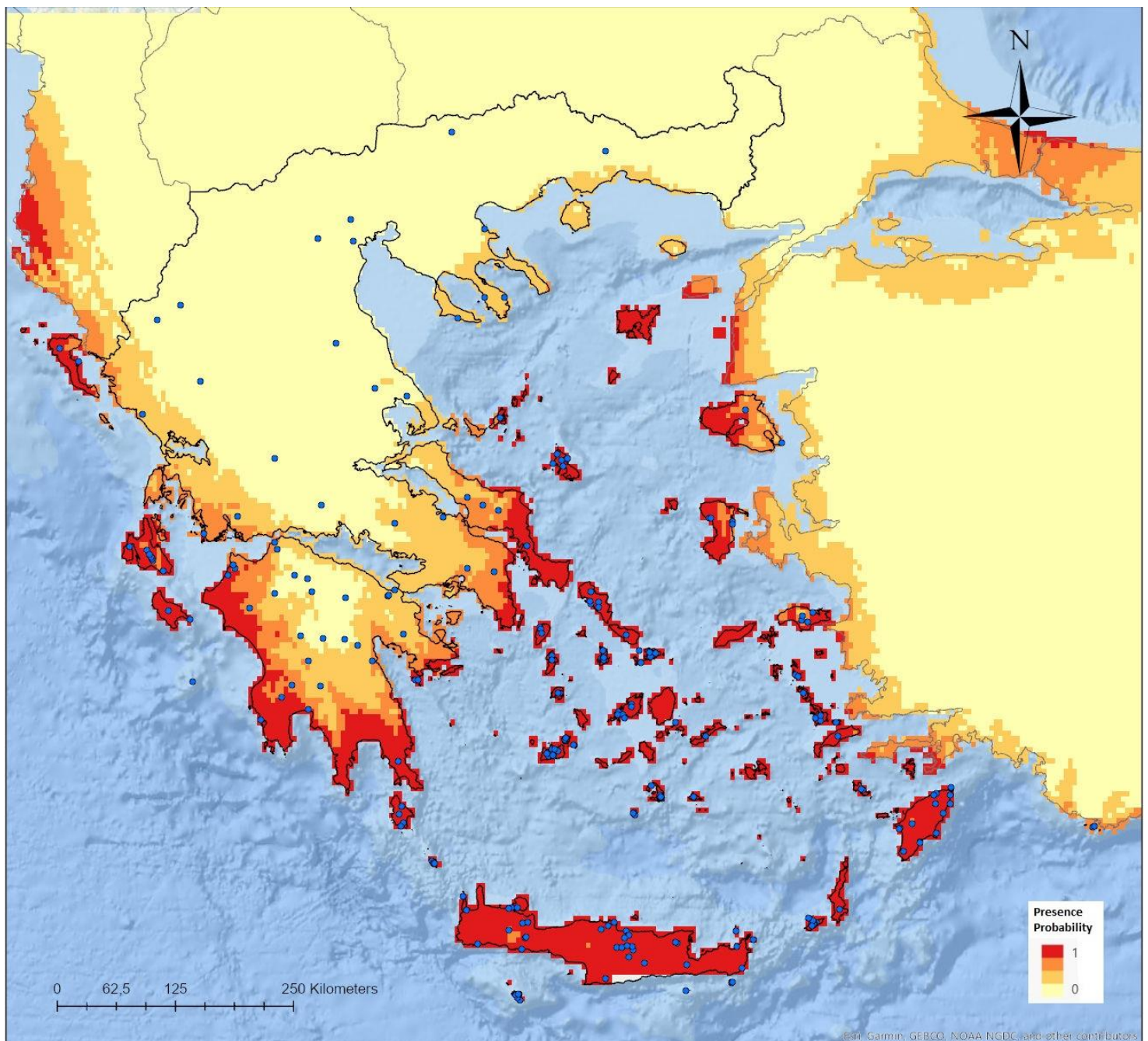
**Εικόνα 32:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Malpicon insignitus* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. DEM: Υψόμετρο, LandCover: Χρήσεις Γης, RiverDist: Απόσταση από επιφανειακά ύδατα, MODIS\_NDVI: Δείκτης φυτοκάλυψης, WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



## 5.4.2 Μοντέλα για το μέλλον

### *Telescopus fallax*



**Εικόνα 33:**

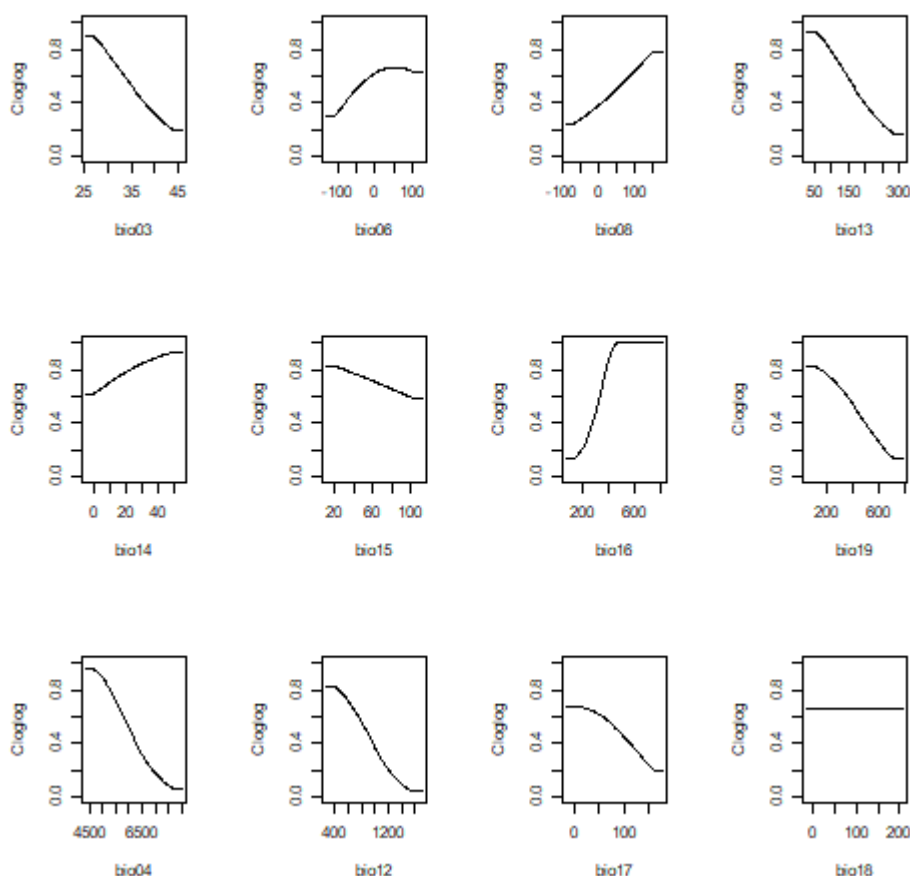
Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Telescopus fallax* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίστανται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 33 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Telescopus fallax*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 2,5 arc/min, η δεύτερη υψηλότερη δυνατή ανάλυση που

διατίθεται από το CORINE. Λόγω του ότι τα βιοκλιματικά δεδομένα που διατίθενται για το μέλλον δεν υπάρχουν σε υψηλότερη ανάλυση και επειδή είναι απαραίτητη η ομοιογένεια των δεδομένων έτσι ώστε να γίνει προβολή ενός SDM στο μέλλον, δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή δεδομένων υψηλότερης ανάλυσης. Επιπλέον, επειδή ορισμένοι από τους οικολογικούς παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των SDM για το παρόν (υποενότητα 5.4.1) δεν γνωρίζουμε πως θα μεταβληθούν στο μέλλον, εν τέλει δεν χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του συγκεκριμένου μοντέλου (Εικόνα 33). Για το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι βιοκλιματικοί παράγοντες.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Linear Quadratic για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,836**

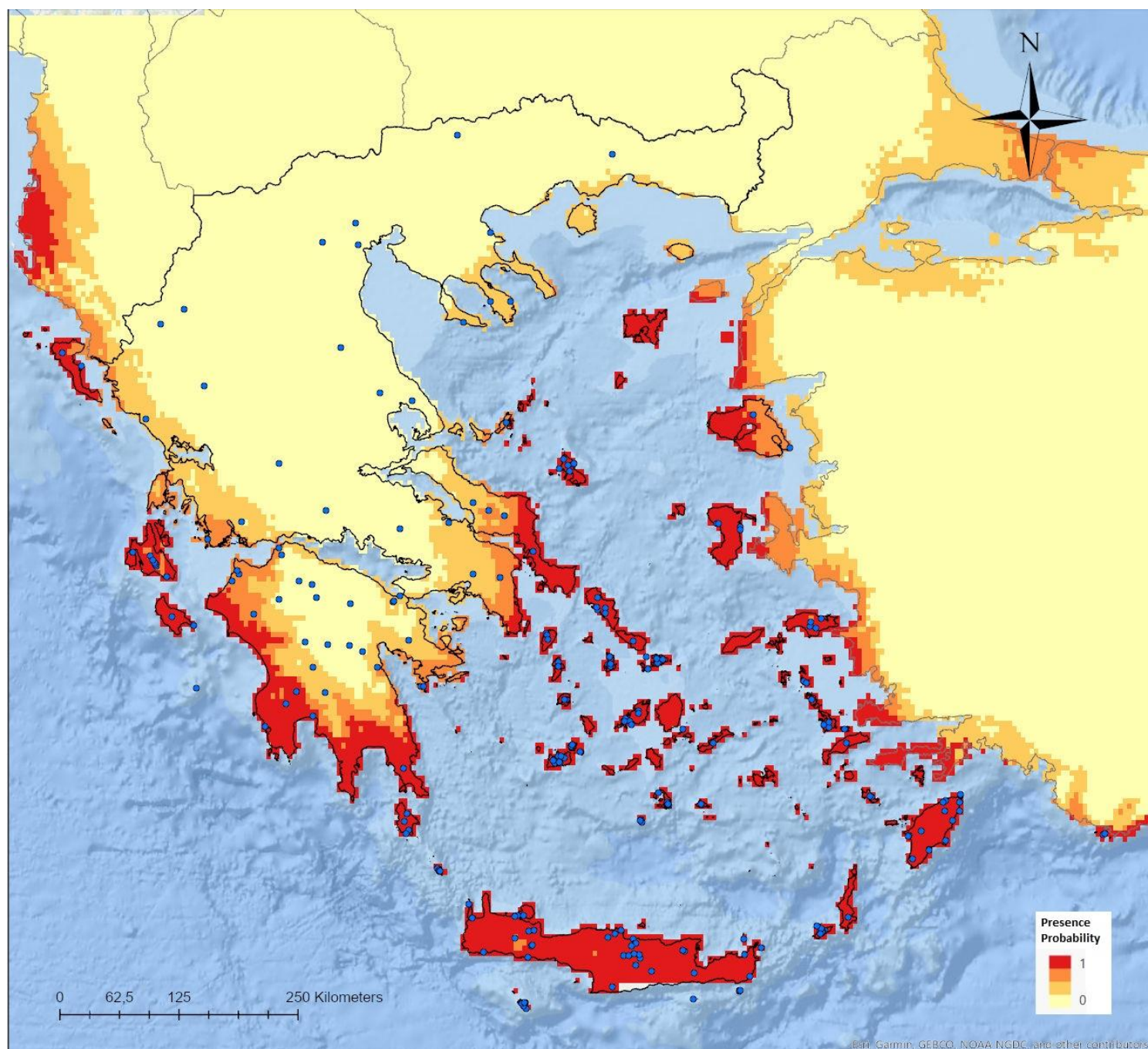


**Εικόνα 34:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι βιοκλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Telescopus fallax* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



### *Telescopus fallax*

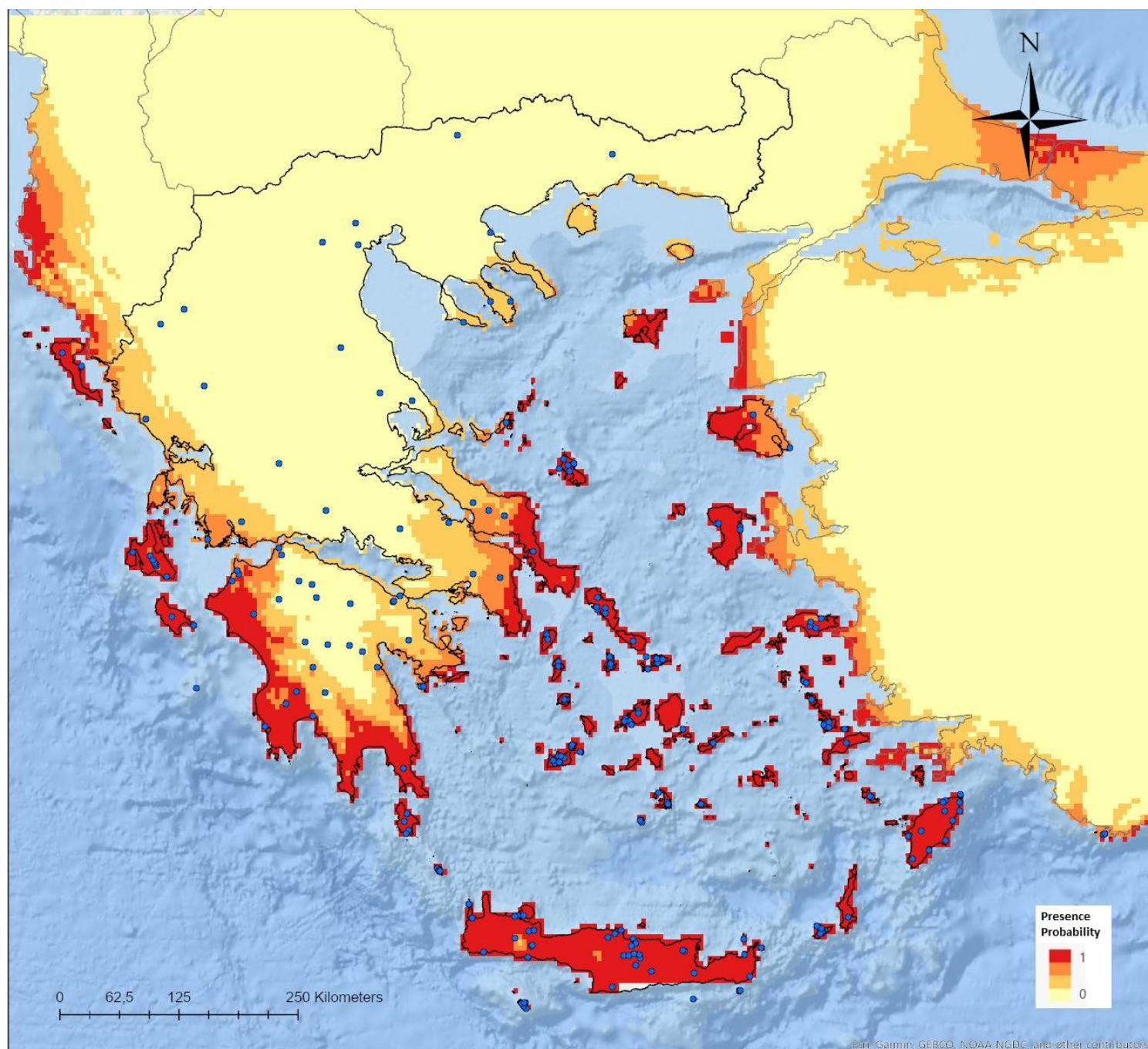


**Εικόνα 35:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Telescopus fallax* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2050. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της **Εικόνας 33** για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2050. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.

### *Telescopus fallax*



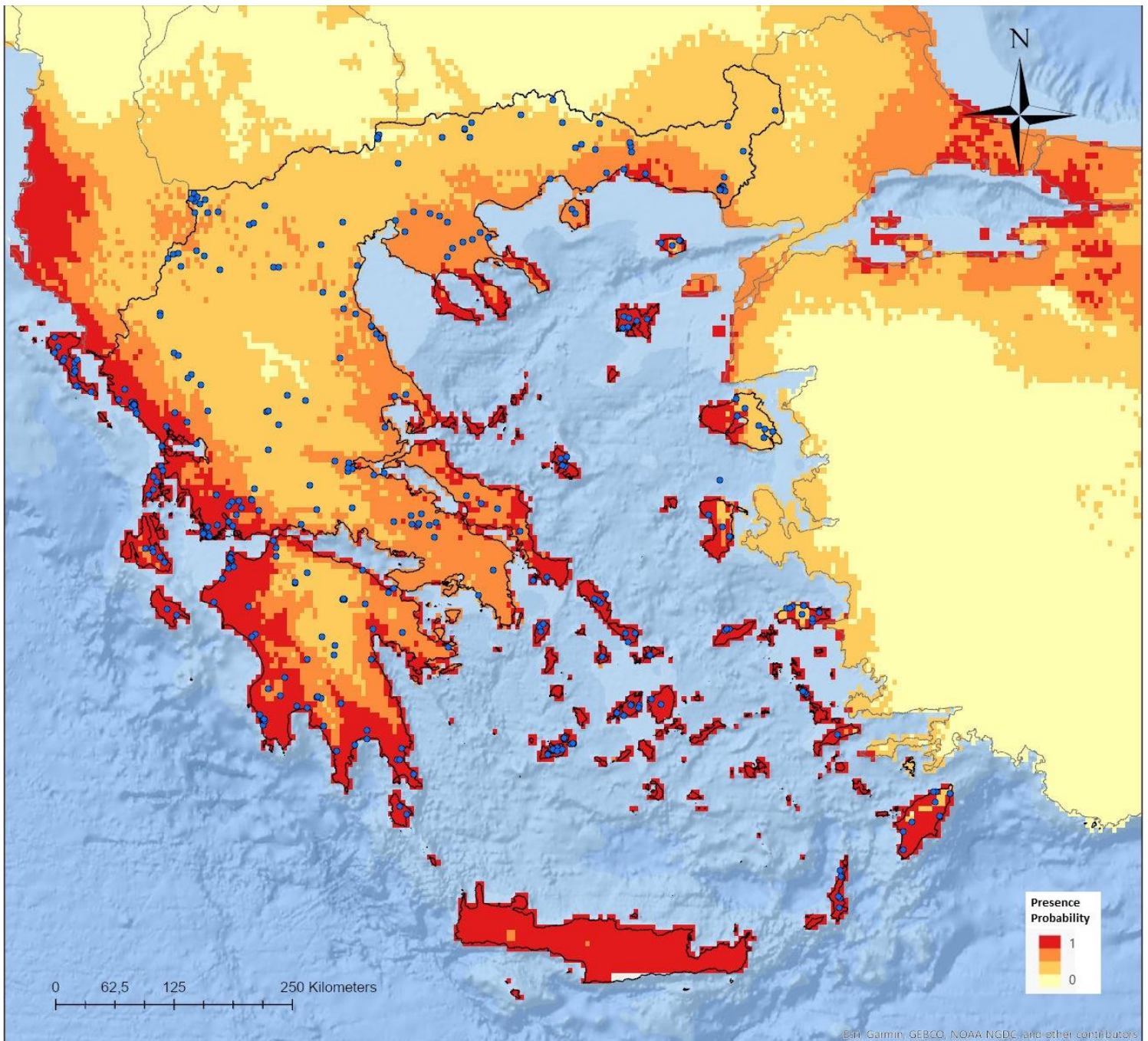
**Εικόνα 36:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Telescopus fallax* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2070. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της **Εικόνας 33** για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2070. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



### *Natrix natrix*



**Εικόνα 37:**

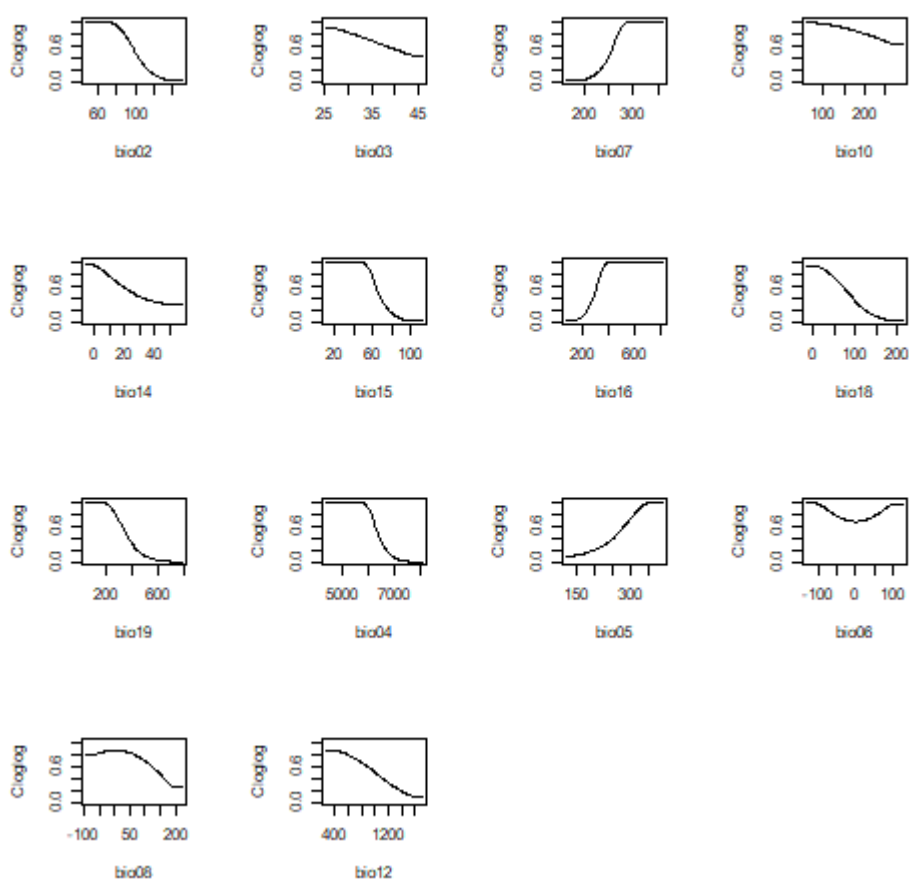
Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix natrix* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 37 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Natrix natrix*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 2,5 arc/min, η δεύτερη υψηλότερη δυνατή ανάλυση που διατίθεται από το CORINE. Λόγω του ότι τα βιοκλιματικά δεδομένα που διατίθενται για το μέλλον δεν υπάρχουν σε υψηλότερη ανάλυση και επειδή είναι απαραίτητη η ομοιογένεια

των δεδομένων έτσι ώστε να γίνει προβολή ενός SDM στο μέλλον, δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή δεδομένων υψηλότερης ανάλυσης. Επιπλέον, επειδή ορισμένοι από τους οικολογικούς παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των SDM για το παρόν (υποενότητα 5.4.1) δεν γνωρίζουμε πως θα μεταβληθούν στο μέλλον, εν τέλει δεν χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του συγκεκριμένου μοντέλου (Εικόνα 37). Για το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι βιοκλιματικοί παράγοντες.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Linear Quadratic για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,759**

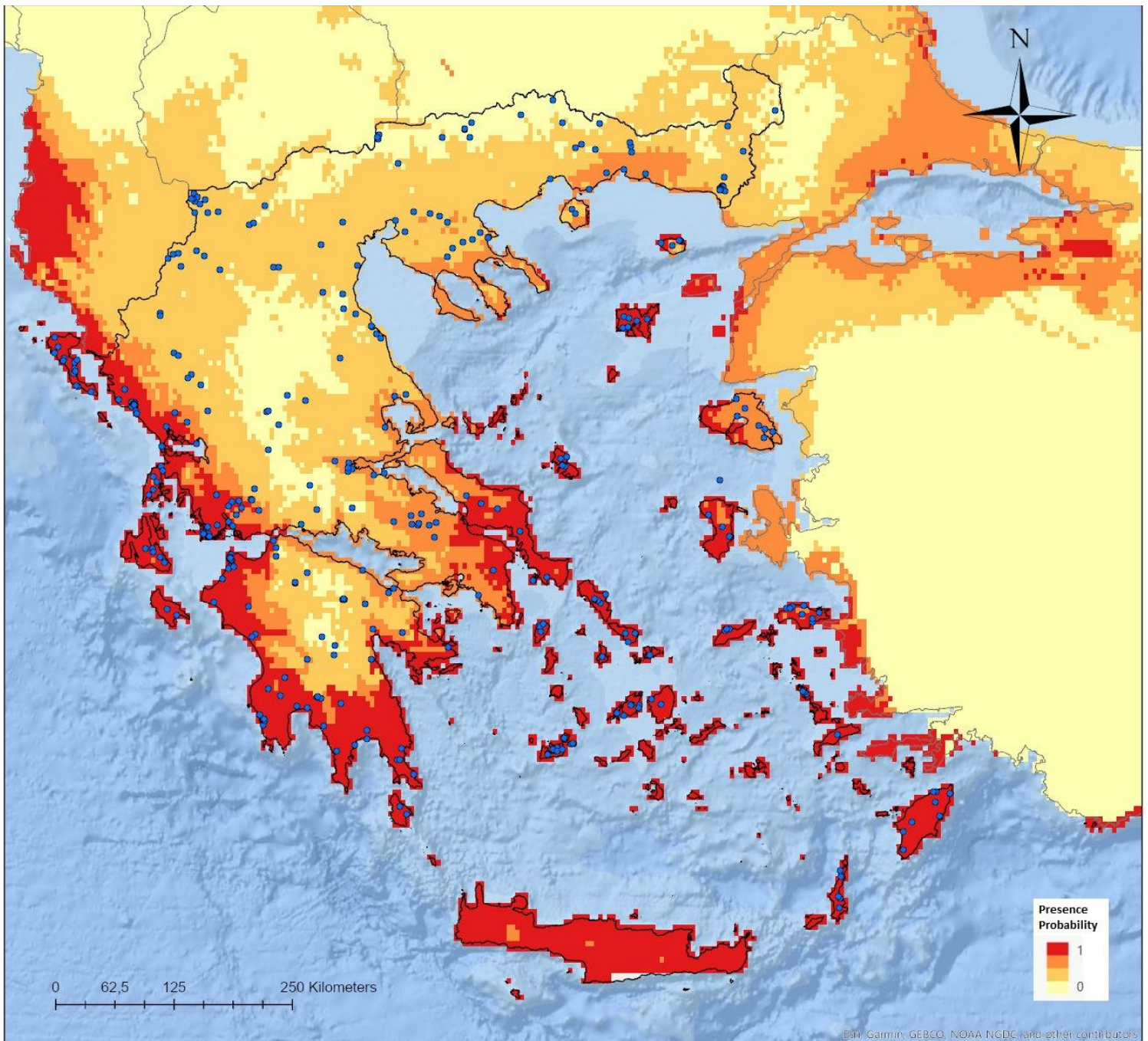


**Εικόνα 38:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι βιοκλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Telescopus fallax* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



### *Natrix natrix*



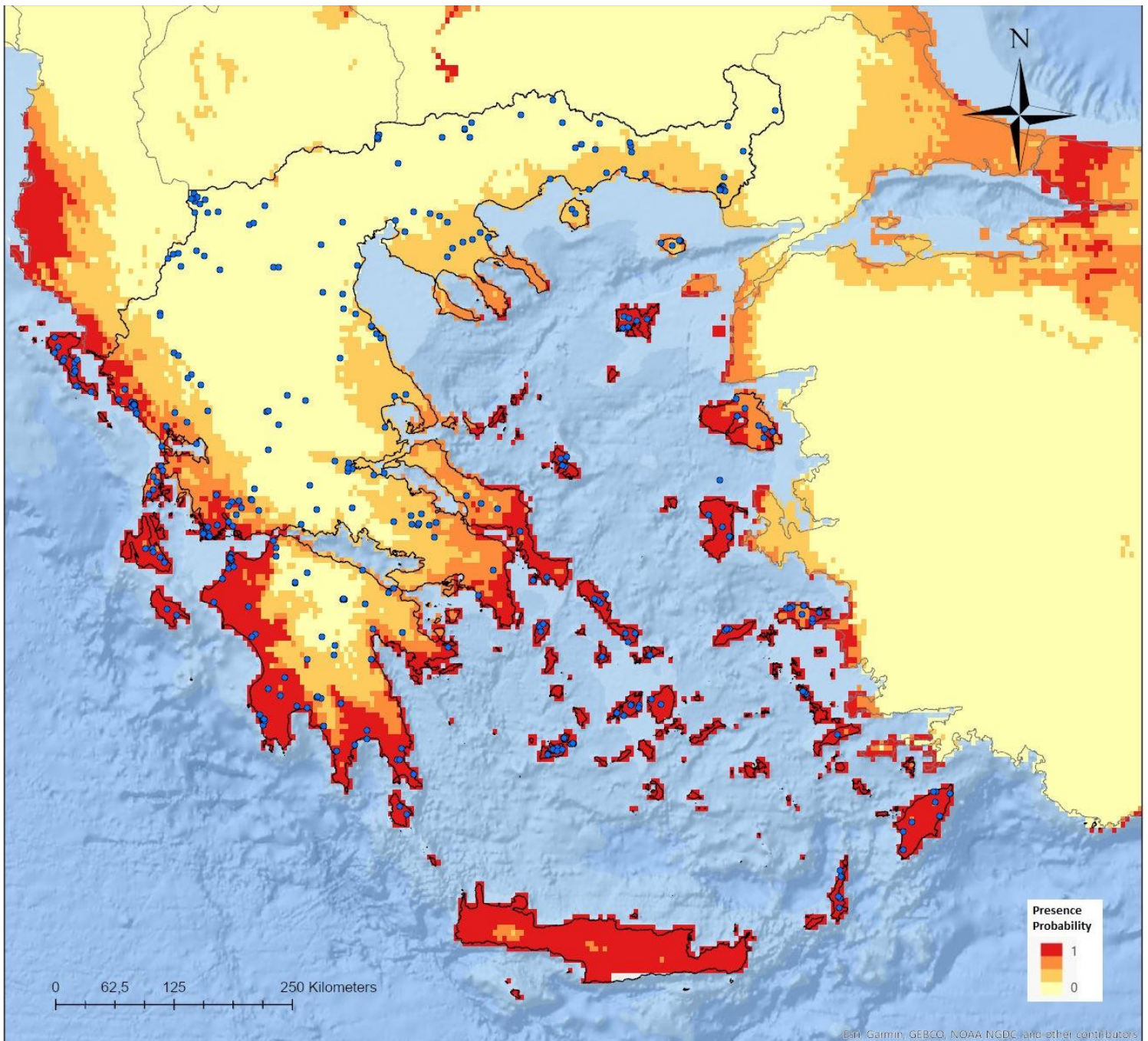
**Εικόνα 39:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix natrix* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2050. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 39 παρουσιάζεται το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της Εικόνας 37 για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2050. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



### *Natrix natrix*



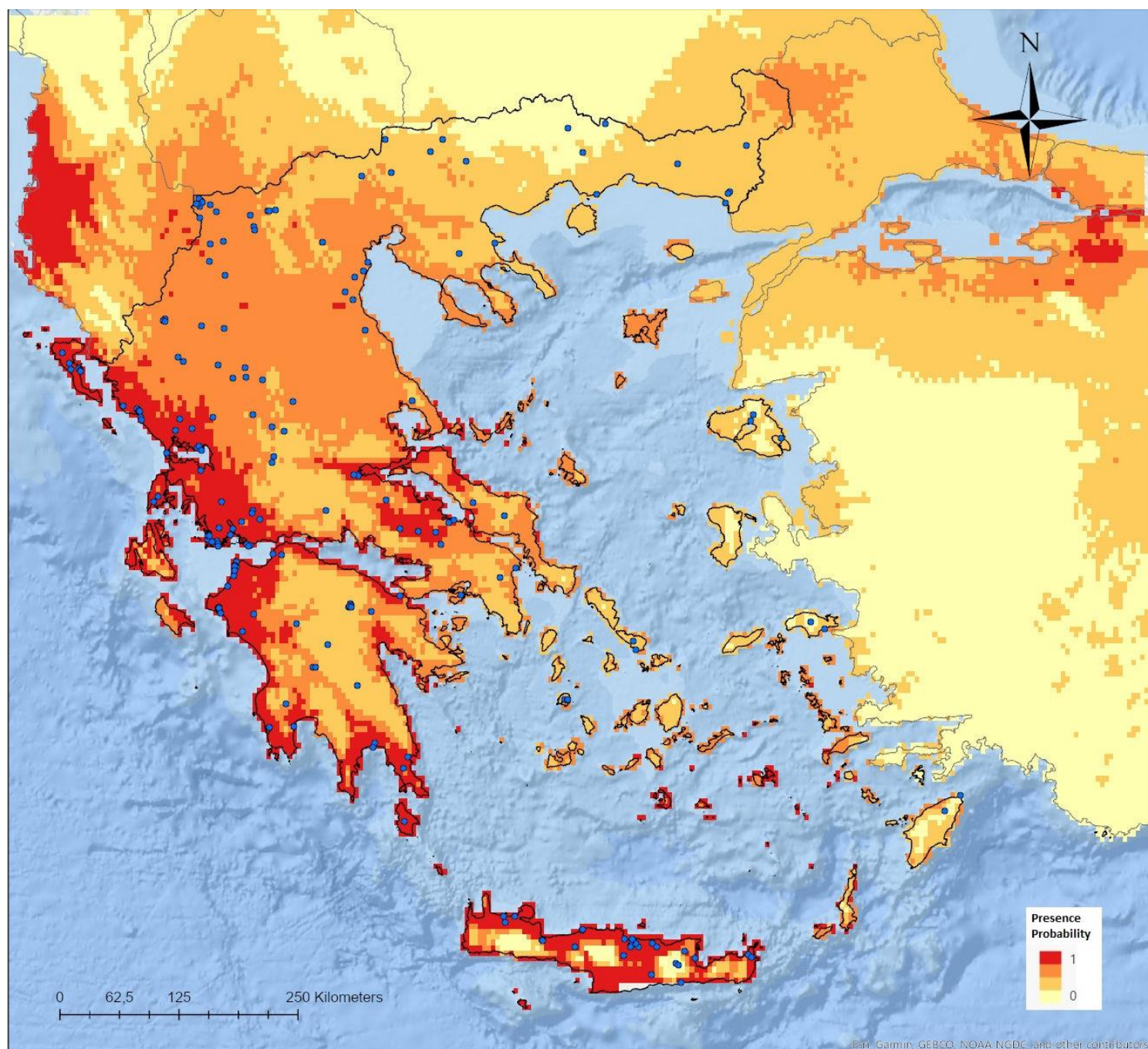
**Εικόνα 40:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix natrix* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2070. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της **Εικόνας 37** για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2070. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



### *Natrix tessellata*



**Εικόνα 41:**

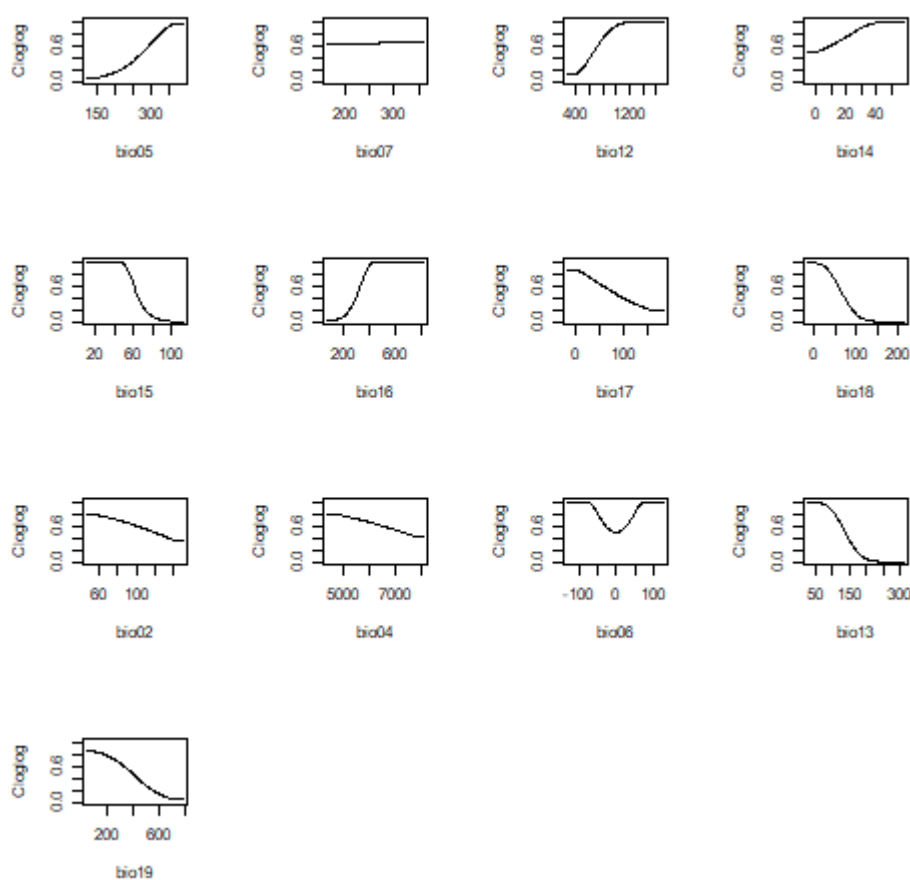
Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix tessellata* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 41 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Natrix tessellata*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 2,5 arc/min, η δεύτερη υψηλότερη δυνατή ανάλυση που διατίθεται από το CORINE. Λόγω του ότι τα βιοκλιματικά δεδομένα που διατίθενται για το μέλλον δεν υπάρχουν σε υψηλότερη ανάλυση και επειδή είναι απαραίτητη η ομοιογένεια

των δεδομένων έτσι ώστε να γίνει προβολή ενός SDM στο μέλλον, δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή δεδομένων υψηλότερης ανάλυσης. Επιπλέον, επειδή ορισμένοι από τους οικολογικούς παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των SDM για το παρόν (υποενότητα 5.4.1) δεν γνωρίζουμε πως θα μεταβληθούν στο μέλλον, εν τέλη δεν χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του συγκεκριμένου μοντέλου (Εικόνα 41). Για το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι βιοκλιματικοί παράγοντες.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Linear Quadratic για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,747**

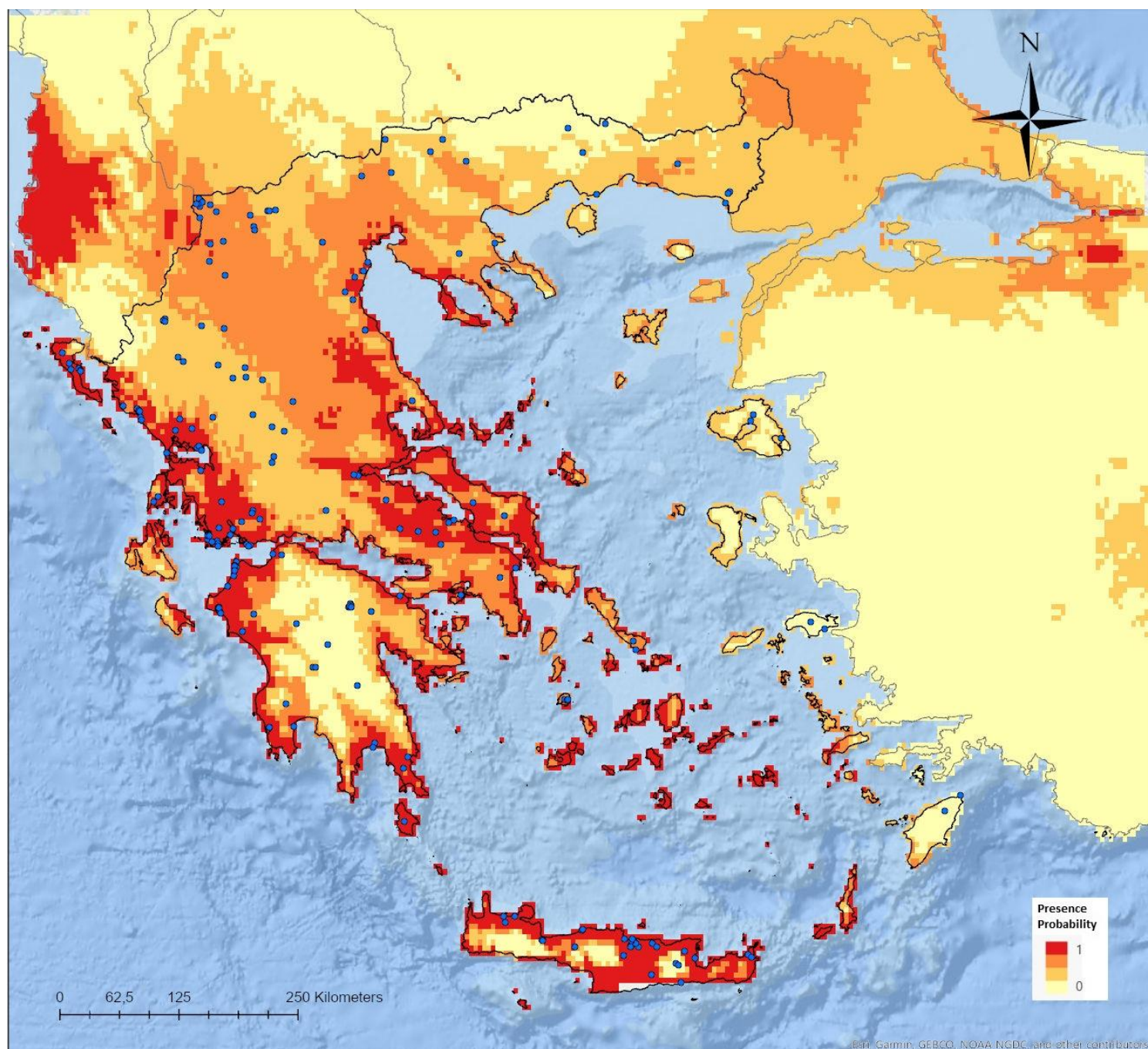


**Εικόνα 42:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι βιοκλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Telescopus fallax* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



### *Natrix tessellata*



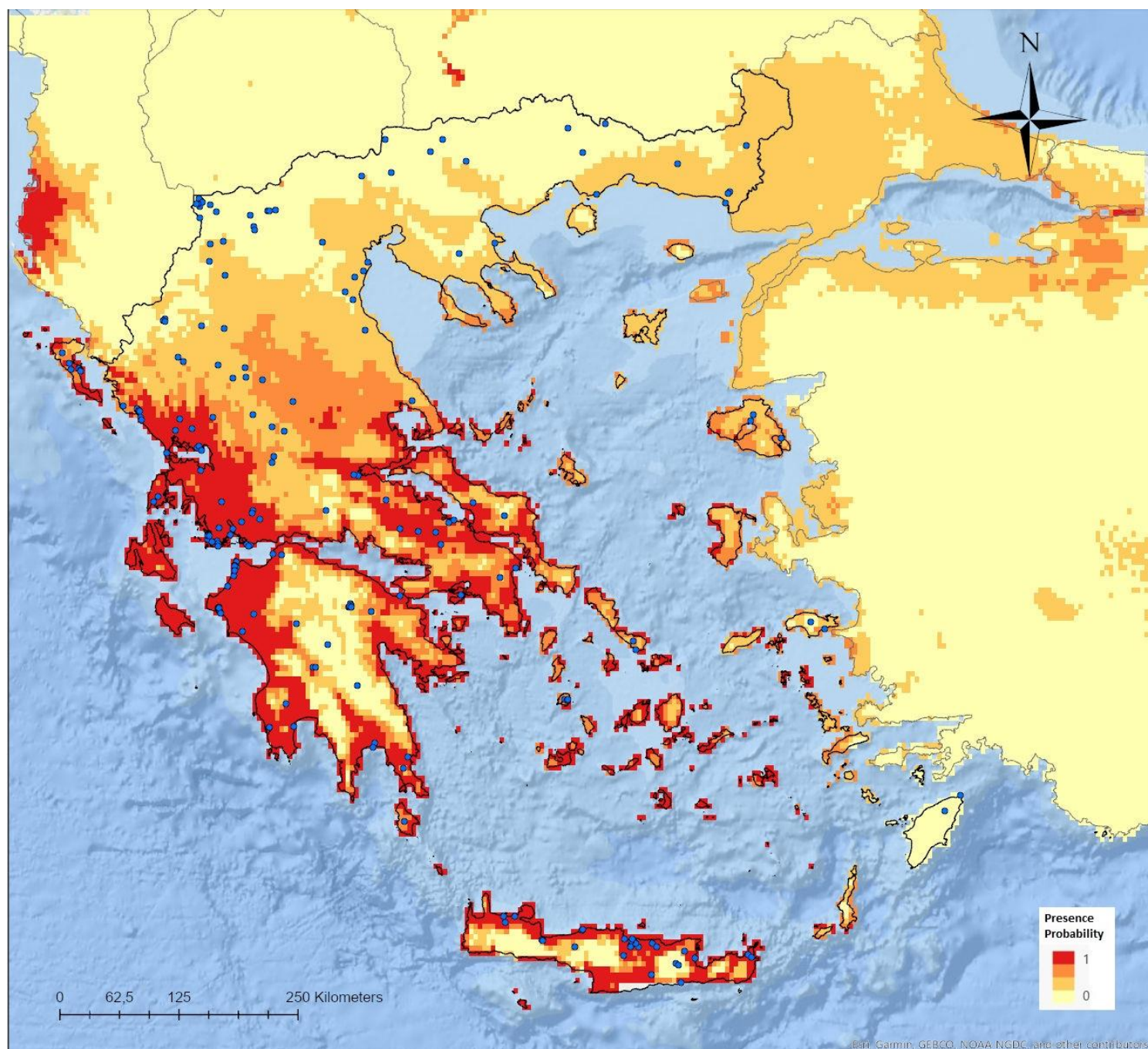
**Εικόνα 43:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix tessellata* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2050. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 43 παρουσιάζεται το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της Εικόνας 41 για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2050. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



### *Natrix tessellata*



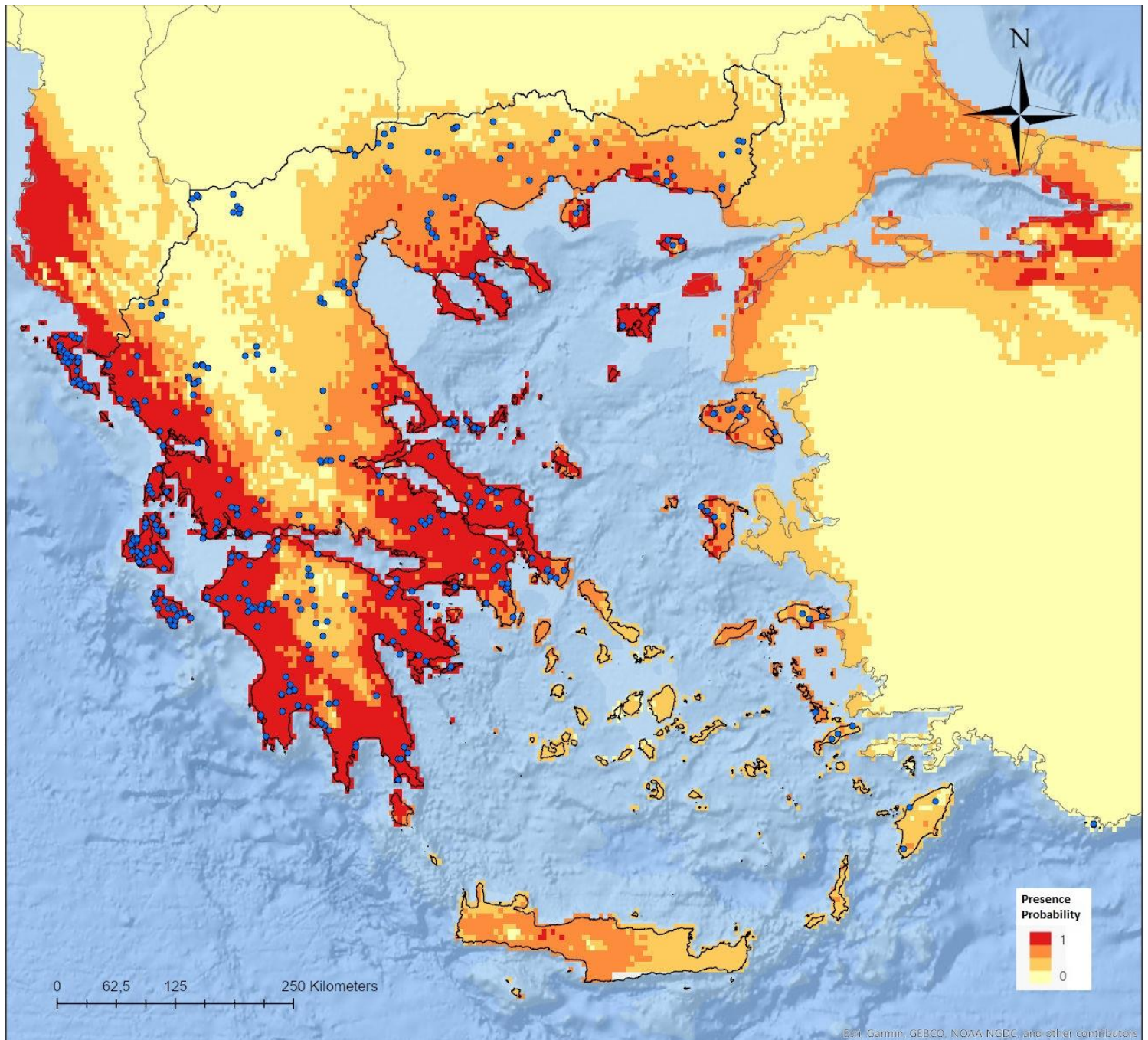
**Εικόνα 44:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Natrix tessellata* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2070. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της **Εικόνας 41** για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2070. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



### *Malpolon insignitus*



**Εικόνα 45:**

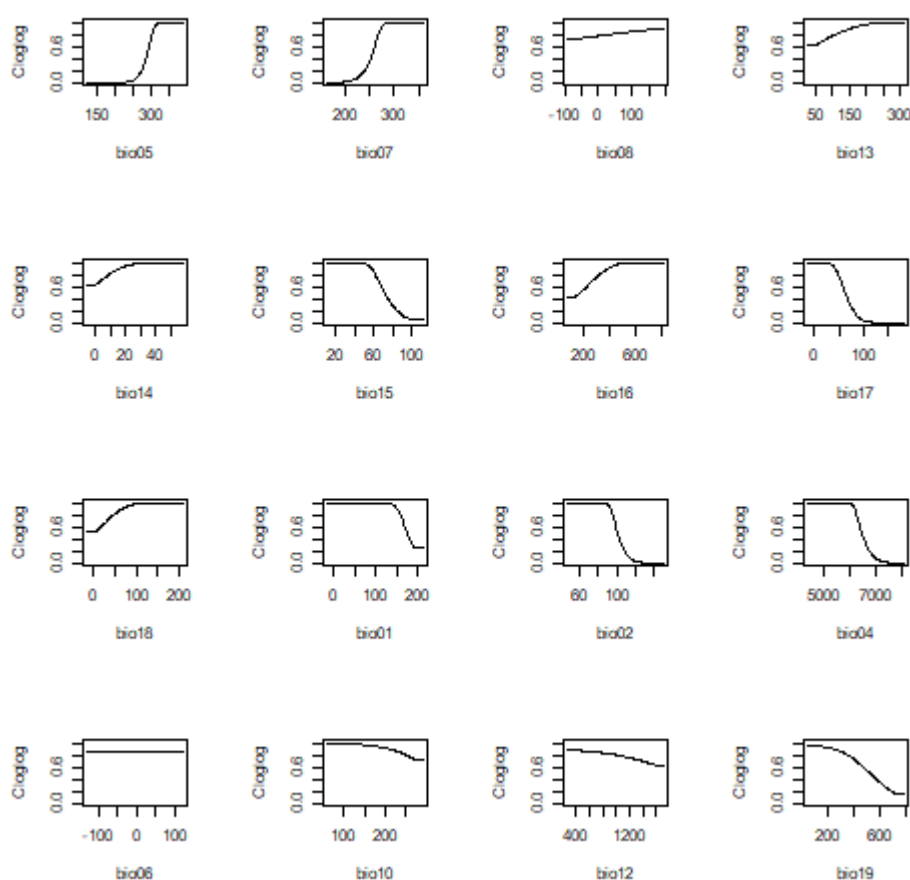
Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Malpolon insignitus* με βάση παροντικά δεδομένα. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Στην Εικόνα 45 παρουσιάζεται το SDM όπως προέκυψε για το είδος *Malpolon insignitus*. Η κλίμακα των δεδομένων είναι 2,5 arc/min, η δεύτερη υψηλότερη δυνατή ανάλυση που διατίθεται από το CORINE. Λόγω του ότι τα βιοκλιματικά δεδομένα που διατίθενται για το μέλλον δεν υπάρχουν σε υψηλότερη ανάλυση και επειδή είναι

απαραίτητη η ομοιογένεια των δεδομένων έτσι ώστε να γίνει προβολή ενός SDM στο μέλλον, δεν ήταν δυνατή η εφαρμογή δεδομένων υψηλότερης ανάλυσης. Επιπλέον, επειδή ορισμένοι από τους οικολογικούς παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των SDM για το παρόν (υποενότητα 5.4.1) δεν γνωρίζουμε πως θα μεταβληθούν στο μέλλον, εν τέλει δεν χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του συγκεκριμένου μοντέλου (Εικόνα 45). Για το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι βιοκλιματικοί παράγοντες.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση είναι του τύπου Linear Quadratic για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην υποενότητα 4.4.1.4.

**AUC = 0,720**

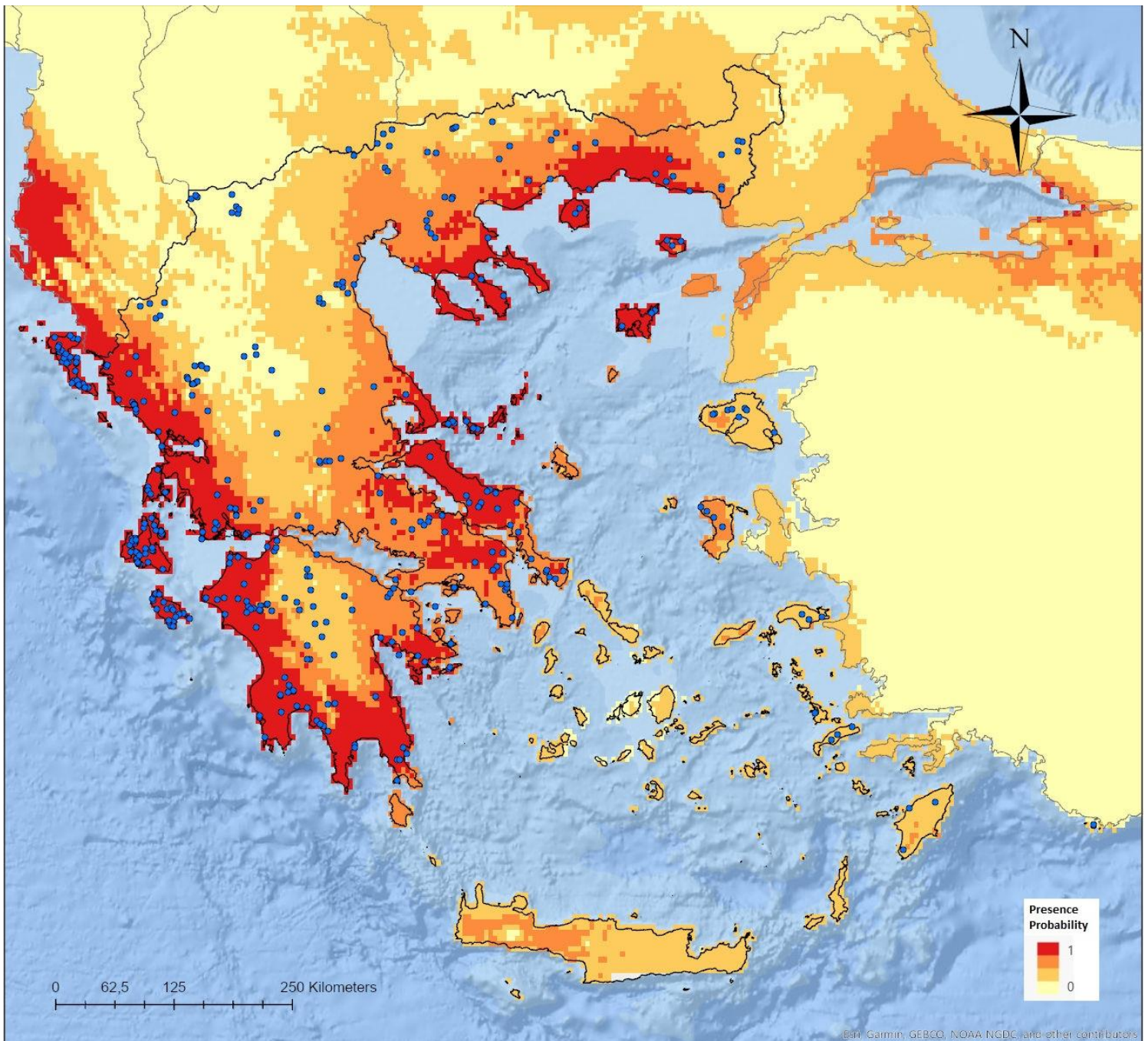


**Εικόνα 46:**

Στα γραφήματα παρουσιάζονται οι βιοκλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του *Telescopus fallax* ταξινομημένοι απ' τον περισσότερο σημαντικό προς τον λιγότερο. WC(αριθμός): Ο αντίστοιχος βιοκλιματικός παράγοντας από το WorldClim όπως παρουσιάζεται στον υποενότητα 4.2.2.



### *Malpolon insignitus*



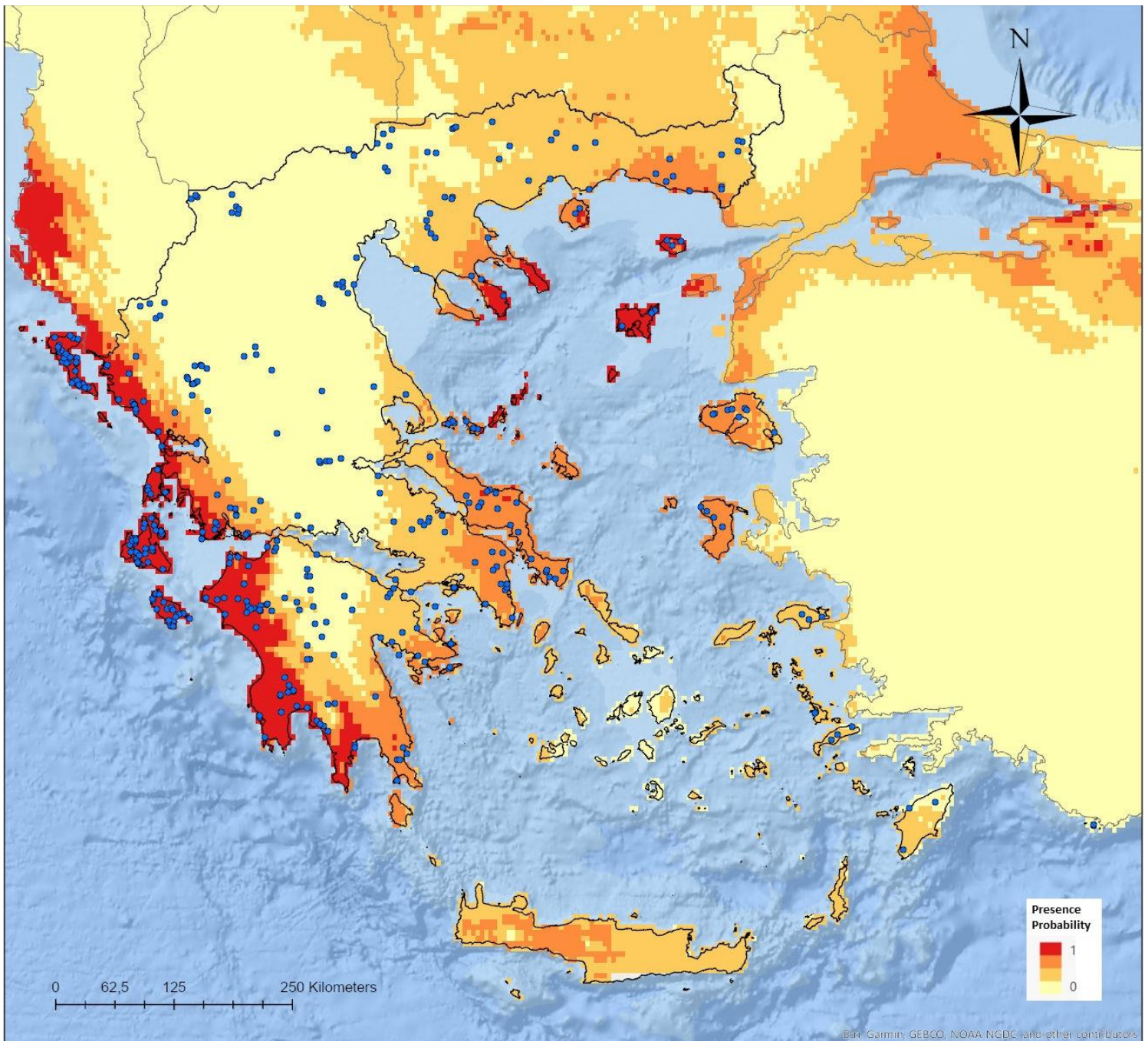
**Εικόνα 47:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Malpolon insignitus* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2050. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της **Εικόνας 45** για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2050. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



### *Malpolon insignitus*



**Εικόνα 48:**

Το μοντέλο δυνητικής κατανομής του *Malpolon insignitus* με βάση μελλοντικά δεδομένα για το 2070. Με μπλε στίγματα αναπαρίσταται η πραγματική κατανομή του ζώου όπως την γνωρίζουμε σήμερα, τα στίγματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συγκεκριμένου μοντέλου. Η χρωματική διαβάθμιση από κίτρινο σε κόκκινο είναι το μοντέλο δυνητικής κατανομής που προέκυψε και αναπαριστά την πιθανότητα εύρεσης του ζώου ανά περιοχή.

Το παρόν μοντέλο αποτελεί μια προβολή του μοντέλου της **Εικόνας 45** για τα μελλοντικά βιοκλιματικά δεδομένα του 2070. Όλες οι ρυθμίσεις του μοντέλου παραμένουν ίδιες με του προαναφερθέντος.



## 6 Συζήτηση

### 6.1 Περιοχές NATURA

Στην **εικόνα 20** παρουσιάζεται το ποσοστό (%) των περιοχών που έχει εντοπιστεί το εκάστοτε είδος και οι οποίες διέρχονται από μία χερσαία περιοχή NATURA. Όπως είναι αναμενόμενο το ποσοστό που προέκυψε από το grid 10 km είναι υψηλότερο απ' το αντίστοιχο του 1 km καθώς το σημείο εντοπισμού των ειδών αναπαρίσταται με μια μεγαλύτερη έκταση και οι πιθανότητες η έκταση αυτή να περνά από περιοχή NATURA είναι περισσότερες. Ενδεχομένως, το grid 10 km να είναι περισσότερο αντιπροσωπευτικό του βιοτόπου των συγκεκριμένων ειδών γιατί αφενός τα φίδια είναι κινητικά είδη και αφετέρου, για ορισμένα στίγματα δεν υπήρχαν απόλυτα ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες.

Στο γράφημα μπορούμε ξεκάθαρα να παρατηρήσουμε ότι τα ποσοστά των *Natrix* είναι υψηλότερα από των *T. fallax* και *M. insignitus* κάτι το οποίο είναι λογικό αφού τα *Natrix* είναι ιδιαίτερα εξαρτημένα από τα επιφανειακά ύδατα και πολλοί υγροβιότοποι στην Ελλάδα είναι υπό καθεστώς προστασίας. Για το *N. tessellata* ωστόσο, το οποίο είναι και το περισσότερο εξαρτημένο από τους υγροτόπους, τα ποσοστά είναι ιδιαίτερα υψηλά ακόμα και για το grid 1 km κάτι το οποίο ενδεχομένως να υποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο είδος ευνοείται από τις προστατευόμενες περιοχές NATURA γιατί του παρέχουν έναν ευνοϊκό βίοτοπο (τροφή, καταφύγιο, περιοχές αναπαραγωγής, κλπ.).

### 6.2 Μοντέλα Κατανομής Ειδών για το παρόν

#### 6.2.1 *Telescopus fallax*

Όπως μπορούμε να δούμε στο μοντέλο της **εικόνας 25** η δυνητική κατανομή του *T. fallax* περιορίζεται κυρίως στη Νότια Ελλάδα. Το αποτέλεσμα αυτό συμβαδίζει με την φυλογεωγραφία του ζώου, όπως συζητήθηκε στην υποενότητα 3.3.1, όπου υποστηρίζεται ότι το γένος *Telescopus* προέρχεται από τα θερμά και ξηρά περιβάλλοντα της Αφρικής και σε ορισμένα είδη ο θώκος τους είναι αρκετά συντηρημένος. Το *T. fallax*, αν και έχει έναν ευρύ οικολογικό θώκο, οι περιοχές στην Ελλάδα όπου οι συνθήκες για τον εντοπισμό του είναι βέλτιστες είναι αρκετά περιορισμένες προς τα νότια. Η κατανομή του *T. fallax* στη Βόρεια Ελλάδα είναι αρκετά πιο αραιή και δεν υποδεικνύει κάποια συγκεκριμένη περιοχή που να είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή. Υπάρχουν ακόμη, ορισμένα νησιά του Βόρειου και Κεντρικού Αιγαίου (Λήμνος, Ικαρία, κλπ.) όπου σύμφωνα με το μοντέλο οι πιθανότητες για τον εντοπισμό του είναι ιδιαίτερα υψηλές αλλά δεν έχει ακόμα εντοπιστεί. Εκτιμάται ότι στα συγκεκριμένα νησιά το *T. fallax* είτε δεν έχει καταφέρει να εγκατασταθεί ακόμα, είτε απλά δεν έχει εντοπιστεί λόγω περιορισμένης δειγματοληπτικής προσπάθειας.

Στην **εικόνα 26** μπορούμε να δούμε τις καμπύλες για τους σημαντικότερους οικολογικούς παράγοντες, με βάση τους οποίους σχηματίστηκε η δυνητική κατανομή. Σημαντική θέση μεταξύ αυτών έχει το υψόμετρο, οι χρήσεις γης, η απόσταση από τα επιφανειακά ύδατα και η ισοθερμία. Η πλατφόρμα Wallace ιεραρχεί τους παράγοντες χωρίς να δίνει λεπτομερή αποτελέσματα για την βαρύτητα που έχει ο καθένας εξ αυτών.

Όταν τέτοιου είδους αναλύσεις κρίνονται απαραίτητες χρησιμοποιείται διαφορετικό λογισμικό.

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα συμβαδίζουν με το οικολογικό προφίλ του είδους όπου περιγράφεται ως ξηρόφιλο και ενδεχομένως να μπορούν να ερμηνευτούν με βάση την ιστορία του ζώου.

### **6.2.2 *Natrix natrix***

Όπως μπορούμε να δούμε στο μοντέλο της **εικόνας 27** η πραγματική κατανομή του *N. natrix* καλύπτει όλο σχεδόν τον Ελλαδικό Χώρο εκτός από κάποια νησάκια του Αιγαίου και το Κρητικό Αρχιπέλαγος. Η δυνητική κατανομή που προέκυψε από το μοντέλο εντοπίζει περιοχές σε όλη την έκταση της Ελλάδας όπου θα ήταν οικολογικά κατάλληλες για το ζώο, ακόμα και στο Κρητικό Αρχιπέλαγος. Στο μοντέλο δυνητικής κατανομής μπορούμε να διακρίνουμε ένα έντονο μοτίβο κατά το οποίο η πιθανότητα εύρεσης του ζώου είναι αρκετά υψηλότερη στις περιοχές όπου υπάρχουν επιφανειακά ύδατα κάτι το οποίο εξηγείται από την οικολογία του ζώου. Ο λόγος που το είδος δεν εντοπίζεται στο Κρητικό Αρχιπέλαγος εξηγείται από την ιστορία του ζώου (Kyriazi 2013).

Στην **εικόνα 28** μπορούμε να δούμε τις καμπύλες για τους σημαντικότερους οικολογικούς παράγοντες, με βάση τους οποίους σχηματίστηκε η δυνητική κατανομή. Σημαντική θέση μεταξύ αυτών έχει το υψόμετρο, οι χρήσεις γης, η φυτοκάλυψη, η απόσταση από τα επιφανειακά ύδατα και το εύρος της ημερήσιας θερμοκρασίας.

### **6.2.3 *Natrix tessellata***

Σύμφωνα με το μοντέλο της **εικόνας 29** η πραγματική κατανομή του *N. tessellata* καλύπτει όλο σχεδόν τον Ελλαδικό Χώρο με εξαίρεση κάποια νησιά του Ανατολικού Αιγαίου. Η δυνητική κατανομή που προέκυψε από το μοντέλο εντοπίζει σε όλη την έκταση της Ελλάδας περιοχές όπου θα ήταν οικολογικά κατάλληλες για το ζώο, ακόμα και στις περιοχές που το ζώο δεν βρίσκεται. Όπως και στο μοντέλο δυνητικής κατανομής του *N. natrix*, έτσι κι εδώ, μπορούμε να διακρίνουμε ένα έντονο μοτίβο κατά το οποίο η πιθανότητα εύρεσης του ζώου είναι αρκετά υψηλότερη στις περιοχές όπου υπάρχουν επιφανειακά ύδατα. Το *N. tessellata* δραστηριοποιείται εντονότερα στις περιοχές γύρω από τις πηγές νερού αλλά δεν δείχνει να απομακρύνεται τόσο πολύ από αυτές, όσο δείχνει το *N. natrix*. Η οικολογία του ζώου συμβαδίζει μ' αυτά τα αποτελέσματα καθώς το *N. tessellata* περιγράφεται ως περισσότερο εξαρτημένο από το νερό. Μέσα από την ιστορία του ζώου εξηγείται και η παρουσία του στο Κρητικό Αρχιπέλαγος λόγω επιτυχημένης διασποράς (Kyriazi 2013).

Στην **εικόνα 30** μπορούμε να δούμε τις καμπύλες για τους σημαντικότερους οικολογικούς παράγοντες, με βάση τους οποίους σχηματίστηκε η δυνητική κατανομή. Σημαντική θέση μεταξύ αυτών έχει το υψόμετρο, οι χρήσεις γης, η φυτοκάλυψη, η απόσταση από τα επιφανειακά ύδατα και η ετήσια μέση θερμοκρασία.

### **6.2.4 *Malpolon insignitus***

Όπως διακρίνεται στην **εικόνα 31** η πραγματική κατανομή του *M. insignitus* καλύπτει το ηπειρωτικό κομμάτι του Ελλαδικού Χώρου, τα νησιά του Ιονίου και τα νησιά του

Ανατολικού Αιγαίου. Απουσιάζει εντελώς ωστόσο από τα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου και του Κρητικού Αρχιπελάγους. Η δυνητική κατανομή που προέκυψε από το μοντέλο εντοπίζει σε όλη την έκταση της Ελλάδας περιοχές όπου θα ήταν οικολογικά κατάλληλες για το ζώο, ακόμα και στις περιοχές που το ζώο δεν βρίσκεται. Κάποιο έντονο πρότυπο όπως στην περίπτωση των *Natrix* δεν δείχνει να σχηματίζεται. Οι περιοχές με την υψηλότερη πιθανότητα εντοπισμού είναι στην Δυτική Ελλάδα και οι οποίες χαρακτηρίζονται από σχετικά πιο υγρό κλίμα, υψηλή φυτοκάλυψη και όχι μεγάλα υψόμετρα. Ο συνδυασμός των συνθηκών αυτών δείχνει να είναι ευνοϊκός για το είδος αφού διευκολύνει την εύρεση τροφής δίχως να το εκθέτει σε έντονες κλιματικές συνθήκες. Κατά μήκος της Πίνδου που το κλίμα γίνεται ορεινό, η πιθανότητες εύρεσης του ζώου μειώνονται απότομα. Η οικολογία του ζώου όπου περιγράφει το *M. insignitus* ως ένα ξηρόφιλο είδος μπορεί να εξηγήσει γιατί στο μοντέλο δεν εμφανίζεται μια θετική συσχέτιση με τα επιφανειακά ύδατα. Αντιστοίχως, μέσα από την ιστορία του ζώου μπορούν να δοθούν και απαντήσεις για την απουσία του είδους από τα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου και του Κρητικού Αρχιπελάγους, όπου οι συνθήκες είναι σχετικά ευνοϊκές.

Στην **εικόνα 32** μπορούμε να δούμε τις καμπύλες για τους σημαντικότερους οικολογικούς παράγοντες, με βάση τους οποίους σχηματίστηκε η δυνητική κατανομή. Σημαντική θέση μεταξύ αυτών έχει το υψόμετρο, οι χρήσεις γης, η φυτοκάλυψη, η απόσταση από τα επιφανειακά ύδατα και η εποχικότητα της θερμοκρασίας.

### 6.2.5 Γενική εικόνα

Συμπερασματικά, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι και για τα τέσσερα είδη η πραγματική κατανομή συμβαδίζει σε έναν ικανοποιητικό βαθμό με τα αποτελέσματα των SDMs χωρίς να υπάρχουν παράδοξα. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιξε η αρκετά εκτενής δειγματοληψία η οποία προερχόταν από τρεις ανεξάρτητες πηγές.

## 6.3 Προβολή των Μοντέλων Κατανομών Ειδών στο μέλλον

### 6.3.1 *Telescopus fallax*

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από τις **εικόνες 33, 35 και 36** οι αλλαγές που θα παρατηρηθούν στην κατανομή του *T. fallax* με βάση την κλιματική αλλαγή είναι πολύ μικρές. Οι περιοχές με υψηλή πιθανότητα εντοπισμού (75% ~ 100%) δεν θα αλλάξουν σχεδόν καθόλου. Εκεί που θα υπάρξουν κάποιες μικροαλλαγές είναι στις ζώνες με χαμηλή πιθανότητα εντοπισμού (25% ~ 50%) οι οποίες θα υποχωρήσουν για να δώσουν την θέση τους στην αμέσως κατώτερη ζώνη με πιθανότητα εντοπισμού (0% ~ 25%). Το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται και για το 2050 και για το 2070 όπου πλέον οι πιθανότητες εντοπισμού του *T. fallax* στην Ηπειρωτική και Βόρεια Ελλάδα θα έχουν μειωθεί αισθητά, δίχως όμως να κινδυνεύουν να χαθούν οι περιοχές στη Νότια Ελλάδα όπου χαρακτηρίζονται από το μοντέλο ως πολύ ευνοϊκές (75% ~ 100%).

Οι παρατηρήσεις αυτές συμβαδίζουν με την οικολογία και ιστορία του ζώου καθώς το *T. fallax* έχει μια ευρεία κατανομή το επίκεντρο της οποίας εντοπίζεται στην Μέση Ανατολή. Μία αύξηση της θερμοκρασίας στον Ελλαδικό Χώρο δεν αναμένεται να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην κατανομή του.

### 6.3.2 *Natrix natrix*

Σύμφωνα με το μοντέλο που παρουσιάζεται στις **εικόνες 37, 39 και 40** η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει έντονες αλλαγές στην κατανομή του *N. natrix*. Για το 2050, η ζώνη με πιθανότητα εντοπισμού (25% ~ 50%) θα περιοριστεί πολύ σε έκταση και ειδικά στις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Τα όρια όλων των άλλων ζωνών θα υποχωρήσουν για να δώσουν χώρο στις αμέσως κατώτερες ζώνες με χαμηλότερες πιθανότητες εντοπισμού. Το ίδιο μοτίβο θα συνεχίσει και για το 2070 όπου η ζώνη με πιθανότητα εντοπισμού (25% ~ 50%) θα υποχωρήσει εντελώς από την Βόρεια Ελλάδα και την Οροσειρά της Πίνδου περιορίζοντας κατά πολύ τα όρια της κατανομής του είδους γύρω από τις πολύ ευνοϊκές περιοχές (75% ~ 100%). Οι περιοχές αυτές δεν θα χαθούν, αλλά η κατανομή του *N. natrix* θα στενέψει σε πολύ μεγάλο βαθμό. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή του Κρητικού Αρχιπελάγους όπου αν και εμφανίζονται ευνοϊκές συνθήκες δεν έχει ακόμη εποικιστεί από το *N. natrix* για ιστορικούς λόγους. Παρά την κλιματική αλλαγή, οι συνθήκες στην Κρήτη θα παραμείνουν ευνοϊκές. Οι περιοχές με υψηλή πιθανότητα εντοπισμού (75% ~ 100%) δεν θα αλλάξουν σχεδόν καθόλου.

### 6.3.3 *Natrix tessellata*

Για το *N. tessellata* θα υπάρξουν επίσης σημαντικές αλλαγές στην κατανομή του σύμφωνα με το μοντέλο που παρουσιάζεται στις **εικόνες 41, 43 και 44**. Για το 2050, στην περιοχή της Πελοποννήσου η ζώνη με πιθανότητα εντοπισμού (25% ~ 50%), η οποία καλύπτει και την μεγαλύτερη επιφάνεια, θα υποχωρήσει πολύ και θα δώσει την θέση της στην κατώτερη ζώνη ειδικά στις ορεινές περιοχές. Στις περιοχές της Βόρειας Ελλάδας και της Πίνδου θα υπάρξουν αλλαγές εξίσου όπου μεγάλο μέρος της επιφάνειας των ζωνών με πιθανότητες (25% ~ 50%) και (50% ~ 75%) θα υποχωρήσουν έναντι των κατώτερων ζωνών. Τα όρια όλων των άλλων ζωνών θα υποχωρήσουν για να δώσουν χώρο στις αμέσως κατώτερες ζώνες με χαμηλότερες πιθανότητες εντοπισμού.

Κατά το 2070 οι ζώνες αυτές στην Β. Ελλάδα και την Πίνδο θα περιοριστούν κι άλλο ενώ η κατάσταση στην Πελοπόννησο δεν θα αλλάξει σημαντικά. Οι πολύ ευνοϊκές περιοχές (75% ~ 100%) δεν θα μετατοπιστούν αλλά τα όριά τους θα παρουσιάζουν μία διακύμανση. Εν τέλη, η κλιματική αλλαγή δεν θα εκτοπίσει το *N. tessellata* από τον Ελλαδικό Χώρο αλλά θα περιορίσει την κατανομή του γύρω από τις πολύ ευνοϊκές περιοχές (75% ~ 100%), όπως και στην περίπτωση του *N. natrix*.

### 6.3.4 *Malpolon insignitus*

Για το *M. insignitus* δεν θα υπάρξουν πολύ σημαντικές αλλαγές στην κατανομή του για το 2050 σύμφωνα με το μοντέλο που παρουσιάζεται στις **εικόνες 45, 47 και 48**. Η κατανομές όλων των ζωνών θα διατηρήσουν τα όριά τους με μικρές διακυμάνσεις ενώ μόνο η ζώνη (75% ~ 100%) θα υποχωρήσει μερικώς στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας έναντι της κατώτερης ζώνης. Μια μικρή αλλαγή του κλίματος επομένως, δεν αναμένεται να επιφέρει μεγάλες αλλαγές. Αν όμως η κλιματική αλλαγή γίνει εντονότερη, η κατανομή του *M.*



*insignitus* αναμένεται να επηρεαστεί περισσότερο, όπως φαίνεται στην **εικόνα 48** για το 2070. Στην Ηπειρωτική και Β. Ελλάδα τα όρια όλων των ζωνών θα υποχωρήσουν και οι ευνοϊκότερες συνθήκες (75% ~ 100%) θα διατηρήσουν μεγάλη έκταση μόνο στην Δυτική Ελλάδα.

### 6.3.5 Παρατηρήσεις για τις κατανομές στο μέλλον

Η γενική εικόνα που παρατηρείται για τις κατανομές στο μέλλον των *N. natrix*, *N. tessellata* και *M. insignitus* δείχνει την τάση να περιοριστούν οι κατανομές τους γύρω από τις πολύ ευνοϊκές περιοχές. Οι οικότοποι μάλιστα στους οποίους οι συνθήκες γίνονται δυσμενέστερες είναι κυρίως οι ορεινοί αλλά και ορισμένοι οικότοποι στην Βόρεια Ελλάδα. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε αντίθεση με τη διαισθητική πρόβλεψη ότι τα είδη θα κινηθούν προς ψυχρότερες (μεγαλύτερου υψομέτρου) περιοχές λόγω αύξησης της θερμοκρασίας. Η απόκλιση από τη διαισθητική πρόβλεψη ίσως οφείλεται σε παράγοντες που δεν μπορούμε να εκτιμήσουμε σε πρώτη άποψη, π.χ. ένταση της εποχικότητας της θερμοκρασίας ή η αύξηση των βροχοπτώσεων κατά τον πιο βροχερό μήνα, παράγοντες που έχουμε δει ότι επιδρούν αρνητικά.

Αυτά τα αποτελέσματα θα είχε ενδιαφέρον να ερευνηθούν περαιτέρω και να διασταυρωθούν με αντίστοιχες παρατηρήσεις για άλλα συγγενικά είδη ή για άλλα σετ δεδομένων για τα ίδια είδη.

## 6.4 Εφαρμογές των Μοντέλων Κατανομών Ειδών για διαχείριση

Όπως έγινε σαφές από τα αποτελέσματα, τα SDMs για διαφορετικά είδη μπορεί να δώσουν πολύ διαφορετικές προβλέψεις για την εξέλιξη των δυνητικών κατανομών στο μέλλον. Το κάθε είδος, ανάλογα με την οικολογία του και τις αντοχές του στις περιβαλλοντικές διακυμάνσεις μπορεί να παρουσιάσει αρκετά διαφορετικό μοτίβο από τα υπόλοιπα, όπως για παράδειγμα το *T. fallax* σε σχέση με τα άλλα είδη της έρευνας. Συνηθίζεται επομένως τα SDMs να μελετώνται τόσο μεμονωμένα για το κάθε είδος όσο και αθροιστικά για ένα σύνολο ειδών με σημασία για την διαχείριση. Οι Martínez-Freiría et al. (2013) για παράδειγμα συνδύασαν τα αποτελέσματα των SDMs για διαφορετικά είδη ενδημικών ερπετών του Μαρόκο έτσι ώστε να εντοπίσουν τις γεωγραφικές περιοχές όπου θα εντοπίζεται η υψηλότερη ποικιλία ειδών. Έπειτα, έκαναν προβολή των δυνητικών κατανομών στο μέλλον για να εντοπίσουν την μεταβολή που θα υποστούν αυτά τα hotspot βιοποικιλότητας με βάση την κλιματική αλλαγή. Αντίστοιχες έρευνες έχουν δείξει πως η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την ποικιλία των ειδών των χελωνών (Ihlow et al. 2012), των ερπετών προς διαχείριση της Αιγύπτου (El-Gabbas et al. 2015), των μεσογειακών θηλαστικών (Maiorano et al., 2011), των δέντρων και των σπονδυλωτών των ΗΠΑ (Currie et al., 2001) και των ΜεσοΑμερικάνικων δέντρων (Golicher et al., 2012).

Η παρούσα έρευνα θα μπορούσε να αποτελέσει ένα καλό σημείο εκκίνησης για μια αντίστοιχη έρευνα που θα εντόπιζε αρχικά τα hotspot βιοποικιλότητας των ερπετών της Ελλάδας με την χρήση SDMs για το παρόν κι έπειτα θα υποδείκνυε τις μεταβολές που θα υποστούν με βάση την κλιματική αλλαγή.

## 6.5 Παρατηρήσεις πάνω στα Μοντέλα Κατανομών Ειδών

Δύο από τις βασικές επιδιώξεις της παρούσας έρευνας ήταν αφενός η οργάνωση γεωγραφικών δεδομένων με στόχο την μετέπειτα επεξεργασία και αφετέρου να υπάρξει μια πρώτη επαφή με τα SDMs σε πρακτικό και θεωρητικό επίπεδο. Είναι επομένως σημαντικό να διατυπωθούν ορισμένες παρατηρήσεις για τα SDMs.

### 6.5.1 Χρησιμότητα και χειρισμός

Καταρχάς, πρέπει να επισημανθεί ότι τα SDMs αποτελούν ένα εξαιρετικό εργαλείο τόσο για την οικολογία όσο και για την διαχείριση. Δίνουν την δυνατότητα να μοντελοποιηθούν ιδιαίτερα πολύπλοκες οικολογικές σχέσεις και παράγουν συμπεράσματα τα οποία εμπλουτίζουν τις βασικές μας γνώσεις για την οικολογία των ειδών. Τα αποτελέσματα των SDMs μπορούν να αποτελέσουν την βάση για μια πληθώρα ερευνών και διαχειριστικών πρακτικών.

Παρά το ότι δείχνουν εύκολα στην χρήση, στην πραγματικότητα απαιτούν από τον ερευνητή να έχει βαθιές γνώσεις πάνω στην οικολογία των μελετώμενων ειδών όπως επίσης και εμπειρία πάνω στην χρήση των αντίστοιχων προγραμμάτων. Αν η πλατφόρμα με την οποία θα παραχθούν τα SDMs (όπως το Wallace ή το Maxent) τροφοδοτηθεί με οποιαδήποτε δεδομένα τότε μέσα από τους κατάλληλους χειρισμούς θα μπορέσει να οδηγήσει στην παραγωγή κάποιου μοντέλου το οποίο ενδεχομένως να είναι και στατιστικά σημαντικό. Το γεγονός όμως ότι ένα μοντέλο είναι στατιστικά σημαντικό δεν σημαίνει ότι είναι και ένα καλό μοντέλο. Για την παραγωγή μοντέλων τα οποία θα είναι ακριβή γεωγραφικά, στατιστικά σημαντικά και θα απεικονίζουν μια πραγματική κατάσταση, είναι απαραίτητο να έχει γίνει εξ αρχής καλός πειραματικός σχεδιασμός με βάση την οικολογία και την ιστορία των μελετώμενων ειδών. Κατά την διάρκεια της παραγωγής των μοντέλων απαιτείται επίσης από τον ερευνητή να επιλέξει τους καταλληλότερους αλγόριθμους που θα ταιριάζουν με την οικολογία του είδους και με τον τύπο της έρευνας που θέλει να διεξάγει.

### 6.5.2 Μοντελοποίηση ειδών με ευρεία κατανομή

Ένα από τα θεωρητικά προβλήματα που αντιμετωπίσαμε έχει να κάνει με την ετερογένεια και την ποιότητα των διαθέσιμων γεωγραφικών δεδομένων της παρουσίας του είδους. Παρά το γεγονός ότι γνωρίζαμε ότι οι κατανομές των μελετώμενων ειδών επεκτείνονταν και έξω από την Ελλαδικό Χώρο, στην κατοχή μας δεν είχαμε υψηλής ποιότητας δεδομένα για όλες τις άλλες χώρες. Το δίλημμα όπου τέθηκε επομένως ήταν αν θα ήταν προτιμότερο να φτιάξουμε Μοντέλα Κατανομών Ειδών με βάση το υψηλής ποιότητας dataset από τον Ελλαδικό Χώρο ή αν θα ήταν προτιμότερο να διευρύνουμε το dataset με δεδομένα χαμηλότερης ποιότητας από άλλες χώρες. Στην δεύτερη περίπτωση θα έπρεπε δυστυχώς να υποβαθμίσουμε την ποιότητα των δεδομένων που προέρχονταν από την Ελλάδα για να επιτευχθεί η αναγκαία ομοιογένεια.

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του *N. natrix* το οποίο έχει μια εξαιρετικά εκτεταμένη κατανομή που εκτείνεται από την Ισπανία μέχρι την Μογγολία και από την Αλγερία μέχρι την Σουηδία, όπως φαίνεται στην **εικόνα 7**. Όπως γίνεται κατανοητό, είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπάρξει ένα ομοιογενές σετ δεδομένων για το *N. natrix* το οποίο να

περιλαμβάνει όλες τις χώρες της κατανομής του. Το δίλημμα που τίθεται επομένως για το *N. natrix* είναι:

- Θα προτιμούσαμε να φτιάξουμε ένα μοντέλο που θα βασίζεται σε ένα σετ δεδομένων υψηλής ποιότητας το οποίο όμως περιορίζεται χωρικά μόνο στον Ελλαδικό Χώρο; Λαμβάνοντας υπόψη ότι με αυτό τον τρόπο στο μοντέλο θα συμπεριληφθεί όλο το εύρος ορισμένων περιβαλλοντικών παραγόντων όπως το υψόμετρο αλλά όχι ορισμένων άλλων που σχετίζονται με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος.
- Ή μήπως θα προτιμούσαμε να φτιάξουμε ένα μοντέλο που θα βασίζεται σε ένα σετ δεδομένων χαμηλής ποιότητας το οποίο όμως θα καλύπτει το μεγαλύτερο εύρος της κατανομής; Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν οι πιο ακραίες τιμές του γεωγραφικού πλάτους και μήκους αλλά θα χανόταν η αναλυτική διαβάθμιση των παραγόντων όπως το υψόμετρο.

Για την παρούσα έρευνα επιλέξαμε την πρώτη προσέγγιση και προτιμήσαμε να μην προβάλλουμε τα μοντέλα μας σε άλλες γεωγραφικές περιοχές έξω από τον Ελλαδικό Χώρο. Η δεύτερη προσέγγιση αν και παρουσιάζει πολύ ενδιαφέρον, προς το παρόν απορρίφθηκε έτσι ώστε να διατηρηθεί η ποιότητα των δεδομένων και να εξοικονομηθεί χρόνος. Η προσέγγιση αυτή εξακολουθεί ωστόσο να αποτελεί μια καλή πρόταση για μελλοντική προσπάθεια.



## 7 Συμπεράσματα

- Το υψόμετρο αποτελεί έναν πολύ σημαντικό παράγοντα για τις κατανομές των *T. fallax*, *N. natrix*, *N. tessellata* και *M. insignitus*.
- Οι δυνητικές κατανομές των *N. natrix* και *N. tessellata* εμφανίζουν ένα καθαρό μοτίβο που σχετίζεται με την διαθεσιμότητα των επιφανειακών υδάτων.
- Η κλιματική αλλαγή δεν θα επηρεάσει σημαντικά την κατανομή του *T. fallax* στον Ελλαδικό χώρο.
- Η κλιματική αλλαγή θα περιορίσει την κατανομή των *N. natrix* και *N. tessellata* γύρω από τις περισσότερο ευνοϊκές περιοχές στις οποίες υπάρχουν επιφανειακά ύδατα.
- Η κλιματική αλλαγή θα περιορίσει την κατανομή του *M. insignitus* σε ένα βάθος χρόνου μειώνοντας τις πιθανότητες εντοπισμού στην Ηπειρωτική και Β. Ελλάδα.
- Η κλιματική αλλαγή θα κάνει τους ορεινούς οικοτόπους πιο δυσμενείς για τα είδη *N. natrix*, *N. tessellata* και *M. insignitus*.

## 8 Βιβλιογραφία

### 8.1 Βιβλιογραφία που αναγράφεται στην έρευνα

Aarts, G., Fieberg, J., & Matthiopoulos, J. (2012). Comparative interpretation of count, presence-absence and point methods for species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(1), 177–187.

Araújo, M. B., & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33(10), 1677–1688.

Austin, M. (2007). Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling*, 200(1–2), 1–19.

Austin, M. P., & Smith, T. M. (1989). A new model for the continuum concept. *Vegetatio*, 83(1–2), 35–47.

Baha El Din, S.M., (2006). A Guide to the Reptiles and Amphibians of Egypt. The American University in Cairo Press.

Bates, M. F., Branch, W. R., Bauer, A. M., Burger, M., Marais, J., Alesander, G. J., & Villiers, M. S. de. (2014). Atlas and red list of the reptiles of South Africa, Lesotho and Swaziland. Pretoria: South African National Biodiversity Institute.

Boulton, S. J., & Robertson, A. H. F. (2007). The Miocene of the Hatay area, S Turkey: Transition from the Arabian passive margin to an underfilled foreland basin related to closure of the Southern Neotethys Ocean. *Sedimentary Geology*, 198(1–2), 93–124.

Carranza, S., Arnold, E. N., & Pleguezuelos, J. M. (2006). Phylogeny, biogeography, and evolution of two Mediterranean snakes, *Malpolon monspessulanus* and *Hemorrhois hippocrepis* (Squamata, Colubridae), using mtDNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40(2), 532–546.

Čerňanský, A., Szyndlar, Z., & Mörs, T. (2017). Fossil squamate faunas from the Neogene of Hambach (northwestern Germany). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 97(2), 329–354.

Chakraborty, A., Wilson, A. M., & Latimer, A. M. (2011). Point pattern modelling for degraded presence-only. *Applied Statistics*, 60(5), 757–776.

Chase, J. M., Leibold, M. A. (2003). Ecological niches : linking classical and contemporary approaches. The University of Chicago Press 1 – 224.

Currie, D. J., (2001). Projected effects of climate change on patterns of vertebrate and tree species richness in the conterminous United States. *Ecosystems* 4, 216-225.

Disi, A.M., Modrý, D., Necas, P., Rifai, L., (2001). Amphibians and reptiles of the Hashemite Kingdom of Jordan. Edition Chimaira, Frankfurt am Main.

Dolédec, S., Chessel, D., & Gimaret-Carpentier, C. (2000). Niche separation in community ecology: A new method. *Ecology*, 81(10), 2914–2927.

Durham, Y., Rassenti, S., Smith, V., Van Boening, M., & Wilcox, N. T. (1996). Can core allocations be achieved in avoidable fixed cost environments using two-part price competition? *Annals of Operations Research*, 68, 61–88.

Egan, D., (2007). Snakes of Arabia. A Field Guide to the Snakes of the Arabian Peninsula and its Shores. Motivate Publishing.

El-Gabbas, A., Baha El Din, S., Zalut, S., Gilbert, F. (2016). Conserving Egypt's reptiles under climate change. *J Arid Environ*, 127, 211-221.

- Elith, J., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(4), 330–342.
- Elton, C. (1927). *Animal Ecology*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gasc, J.P., Cabela, A., Crnobrnja-Isailovic, J., Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martínez Rica, J.P., Maurin, H., Oliveira, M.E., Sofianidou, T.S., Veith, M. & Zuiderwijk, A. (eds), (1997). Atlas of amphibians and reptiles in Europe. Collection Patrimoines Naturels, 29, Societas Europaea Herpetologica, Muséum National d'Histoire Naturelle & Service du Patrimoine Naturel, Paris, 1–496.
- Golicher, D. J., Cayuela, L., Newton, A.C., (2012). Effects of climate change on the potential species richness of Mesoamerican forests. *Biotropica* 44, 284-293.
- Graham, C. H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C., & Peterson, A. T. (2004). New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(9), 497–503.
- Grinnell, J. (1917). The Niche-Relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34(4), 427–433.
- Guicking, D., Ulrich, J. (2011). Molecular Phylogeography of the Dice Snake. *Mertensiella*, 18, 1–10.
- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). Habitat suitability and distribution models: With applications in R. *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R*, pp. 1–478.
- Hecht, G. (1930). Systematik, Ausbreitungsgeschichte und Ökologie der europäischen Arten der Gattung *Tropidonotus* (Kuhl) Boie H. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Berlin* 16, 244–393.
- Hirzel, A. H., & Le Lay, G. (2008). Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45(5), 1372–1381.
- Hirzel, A. H., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C., & Guisan, A. (2006). Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modelling*, 199(2), 142–152.
- Hoorn, C., Perrigo, A., Antonelli, A. (2018). *Mountains, climate and biodiversity*. John Wiley & Sons Ltd.
- Hutchinson, M. F. (1987). Methods for generation of weather sequences. In Bunting, A. H. (Ed.) *Agricultural environments: characterisation, classification and mapping*. CAB, International, 149–157.
- Ihlow, F., Dambach, J., Engler, J. O., et al. On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution. (2012). *Glob Chang Biol.*, 18(5), 1520-1530.
- Inwood, J., Anderson, M. W., Morris, A., & Robertson, A. H. F. (2009). Successive structural events in the Hatay ophiolite of southeast Turkey: Distinguishing oceanic, emplacement and post-emplacement phases of faulting. *Tectonophysics*, 473(1–2), 208–222.
- Janet, F., Jennifer, A. M. (2009). *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge University Press
- Kass, J. M., Vilela, B., Aiello-Lammens, M. E., Muscarella, R., Merow, C., & Anderson, R. P. (2018). Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(4), 1151–1156.
- Kelly, C. M. R., Barker, N. P., & Villet, M. H. (2003). Phylogenetics of advanced snakes (Caenophidia) based on four mitochondrial genes. *Systematic Biology*, 52(4), 439–459.
- Kissling, W. D., Blach-Overgaard, A., Zwaan, R. E., & Wagner, P. (2016). Historical colonization and dispersal limitation supplement climate and topography in shaping species richness of African lizards (Reptilia: Agamidae). *Scientific Reports*, 6(February), 1–14.

- Kyriazi, P., Kornilios, P., Nagy, Z. T., Poulakakis, N., Kumlutaş, Y., Ilgaz, Ç., ... Lymberakis, P. (2013). Comparative phylogeography reveals distinct colonization patterns of Cretan snakes. *Journal of Biogeography*, 40(6), 1143–1155.
- Maiorano, L., Falcucci, A., Zimmermann, N.E., Psomas, A., Pottier, J., et al., (2011). The future of terrestrial mammals in the Mediterranean basin under climate change. *Philosophical Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.* 366, 2681-2692.
- Mangiaccotti, M., Limongi, L., Sannolo, M., Sacchi, R., Zuffi, M. A. L., Scali, S. (2014). Head shape variation in eastern and western Montpellier snakes. *Acta Herpetologica*, 9(2), 167-177.
- Manly, B. F. J., McDonald, L. L., Thomas, D. L., McDonald, T. L., Erickson, W. P., (2002). *Resource Selection by Animals. Statistical Design and Analysis for Field Studies. Second Edition.* Kluwer Academic Publishers. (Vol. 53).
- Martínez-Freiría, F., Argaz, H., Fahd, S., Brito, J. C. (2013). Climate change is predicted to negatively influence Moroccan endemic reptile richness. Implications for conservation in protected areas. *Naturwissenschaften*. 100(9), 877-889.
- Mebert, K. (2011). *The Dice Snake, Natrix tessellata: Biology, Distribution and Conservation of a Palaearctic Species.* Mertensiella, 18.
- Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058–1069.
- Merow, C., Smith, M. J., Edwards, T. C., Guisan, A., McMahon, S. M., Normand, S., ... Elith, J. (2014). What do we gain from simplicity versus complexity in species distribution models? *Ecography*, 37(12), 1267–1281.
- Newbold, T., Reader, T., El-Gabbas, A., Berg, W., Shohdi, W. M., Zalat, S., ... Gilbert, F. (2010). Testing the accuracy of species distribution models using species records from a new field survey. *Oikos*, 119(8), 1326–1334.
- O'Donnell, M. S., & Ignizio, D. A. (2012). Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States. *U.S Geological Survey Data Series 691*, 10.
- Over, S., Kavak, K. S., Bellier, O., & Özden, S. (2004). Is the Amik Basin (SE Turkey) a triple-junction area? Analyses of SPOT XS imagery and seismicity. *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3857–3872.
- Peterson, A.T., Anderson, R.P. (2012). *Ecological Niches and Geographic Distributions.* Vol 49.
- Phillips, S. J. 2009. A Brief Tutorial on Maxent. Network of Conservation Educators and Practitioners, Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History. *Lessons in Conservation*, Vol. 3, pp. 108-135.
- Phillips, S. J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J., & Ferrier, S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications*, 19(1), 181–197.
- Pyron, R. A., & Burbrink, F. T. (2014). Early origin of viviparity and multiple reversions to oviparity in squamate reptiles. *Ecology Letters*, 17(1), 13–21.
- Ray, N., & Burgman, M. A. (2006). Subjective uncertainties in habitat suitability maps. *Ecological Modelling*, 195(3–4), 172–186.
- Reddy, S., & Dávalos, L. M. (2003). Geographical sampling bias and its implications for conservation priorities in Africa. *Journal of Biogeography*, 30(11), 1719–1727.
- Rogl, F., & Steininger, F.F. (1984). *Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo-Pacific seaways.* Fossils and Climate. John Wiley & Sons, 171–200.



Saint-Girons, H., (1982). Reproductive cycles of male snakes and their relationships with climate and female reproductive cycles. *Herpetologica*, 38, 5–16.

Sastre, P., & Lobo, J. M. (2009). Taxonomist survey biases and the unveiling of biodiversity patterns. *Biological Conservation*, 142(2), 462–467.

Šmíd, J., Göçmen, B., Crochet, P. A., Trape, J. F., Mazuch, T., Uvizl, M., & Nagy, Z. T. (2019). Ancient diversification, biogeography, and the role of climatic niche evolution in the Old World cat snakes (Colubridae, *Telescopus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 134(July 2018), 35–49.

Steininger, F. F., Rabeder, G., & Rgi, F. (1985). Land Mammal Distribution in the Mediterranean Neogene: A Consequence of Geokinematic and Climatic Events. *Geological Evolution of the Mediterranean Basin*, 559 – 571.

Szyndlar, Z. (2012). Early oligocene to pliocene colubridae of europe: A review. *Bulletin de La Societe Geologique de France*, 183(6), 661–681.

Valakos, E. D., Pafilis P., Sotiropoulos K., Lymberakis P., Maragou P., Foufopoulos J. (2008). Amphibians and Reptiles of Greece. Edition Chimera. Serpents Tale.

Wiens, J. J., & Graham, C. H. (2005). Niche conservatism: Integrating evolution, ecology, and conservation biology. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 519–539.

Wiens, J. J., Kozak, K. H., & Silva, N. (2013). Diversity and niche evolution along aridity gradients in north american lizards (phrynosomatidae). *Evolution*, 67(6), 1715–1728.

Wisz, M. S., & Guisan, A. (2009). Do pseudo-absence selection strategies influence species distribution models and their predictions? An information-theoretic approach based on simulated data. *BMC Ecology*, 9, 1–13.

Zheng, Y., & Wiens, J. J. (2016). Combining phylogenomic and supermatrix approaches, and a time-calibrated phylogeny for squamate reptiles (lizards and snakes) based on 52 genes and 4162 species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 94, 537–547.

## 8.2 Σημαντικές ιστοσελίδες και βιβλία

Υδρολογική Υπηρεσία. Ναυτιλιακές οδηγίες των Ελληνικών ακτών. «Πλοηγός». Α' Τόμος, (1971). Β' Τόμος (1976). Γ' Τόμος (1991). Δ' Τόμος (1987).

<http://www.herpetofauna.gr>

<http://worldclim.org/version2>

<https://www.copernicus.eu/en>

<https://sailingheaven.com/nautical-map/>

<http://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article126&lang=en>

## 8.3 Εξέχουσα βιβλιογραφία για την παραγωγή των κατανομών

Bader T., Riegler C., Grillitsch H. (2009). The herpetofauna of the Island of Rhodes (Dodecanese, Greece). *Herpetozoa*, 21 (3/4), 147-169.

Bousbouras, D., Ioannidis, Y. (1994). Amphibien und reptilien des Prespa-Nationalparks und der Gebirgregion um florina (Mazedonien, Griechenland). *Salamandra*, 30(3), 209-220.

Bringsoe, H. (1985). A check - list of Peloponnesian amphibians and reptiles, including new records from Greece. *Annales Musei Goulandris*, 7, 271-318.

- Cattaneo, A. (1998). Gli anfibi e i rettili delle isole greche di Skyros, Skopelos e Alonissos (Sporadi settentrionali). *Atti della Societa Italiana di Scienze Naturali e Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 139(II), 127-149.
- Chondropoulos, B. P. (1989). A checklist of the Greek reptiles. II. The snakes. *Herpetozoa*, 2(1/2), 3-36.
- Clark, R. J. (1968). A collection of snakes from Greece. *Br. J. Herpet.*, 4, 45-48.
- Dimitropoulos, A. (1986). Some notes on the colour and pattern variation of the greek 1623
- Guicking, D., Joger, U., Wink, M. (2009). Cryptic diversity in a Eurasian water snake (*Natrix tessellata*, Serpentes: Colubridae): Evidence from mitochondrial sequence data and nuclear ISSR-PCR fingerprinting. *Organisms, Diversity & Evolution*, 9, 201-214.
- Kasapidis, P., Provatidou, S., Maragou, P., Valakos, E.D. (1996). Neue daten uber die herpetofauna von Lesbos (Agaische inseln, Griechenland) und einige biogeographische bemerkungen uber die inseln des nordostlichen agaischen archipels. *Salamandra*, 32(3), 171-180.
- Kindler C., Bohme W., Corti C., Gvozdik V., Jablonski D., Jandzik D., Metallinou M., Siroky P., Fritz U. (2013). Mitochondrial phylogeography, contact zones and taxonomy of grass snakes (*Natrix natrix*, *N. megaloccephala*). *Zoologica Scripta*, 42, 458-472.
- Ondrias, J. C. (1966). I panis ton amfibion kai erpeton tis Ellados. *Panepistimio Athina*, 55.
- Ondrias, J. C. (1968). Liste des Amphibiens et des reptiles de la Grece. *Biol. Gallo-Hell.*, Voll(2), 111-135.
- Sowig, P. (1985). Beitrage zur Kenntnis der Verbreitung und Oekologie der Amphibien und Reptilien Kretas. *Salamandra*, 21(4), 252-262.
- Toth, T., Krecsak, L., Madsen, T., Ujvari, B. (2002). Herpetofaunal locality records on the Greek Island of Corfu. *Herpetozoa*, 15 (3/4), 149 –169.
- Ulrich G. (1974). Zur Taxonomie und Ökologie der Reptilien von der Insel Antikythira. *Salamandra*, 10, 31-41.
- Valakos, E. & Mylonas, M. (1992). Distribution and ecological aspects of the herpetofauna of Strofades Islands (Ionian Archipelago, Greece). *Herpetozoa*, vol. 5 (1/2), 33-39.
- Werner, F. (1930). Contribution to the knowledge of the Reptiles and Amphibians of Greece, especially the Aegean islands. *Occasional papers of the Museum of Zoology*, 211, 1-47.
- Wilson M. J. (2006). Herpetological observations on the Greek islands of Kefallinia and Zakynthos. *Herpetological Bulletin*, 97, 19-28.