

# **ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΤΟΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ**

**Ιωάννης Τσιριπίδης  
Επικ. Καθηγητής, Τμήμα Βιολογίας,  
Α.Π.Θ.**

# Επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στα φυτικά είδη

Επιπτώσεις στα είδη σε :

➤ Εξάπλωση

➤ Φαινολογία

➤ Φυσιολογία

▪ Η κλιματική αλλαγή έχει ήδη επιφέρει αλλαγές στην εξάπλωση, την αφθονία και τη φαινολογία ειδών

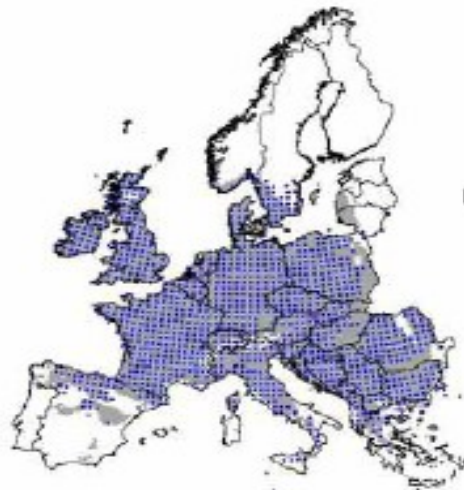
▪ Βάσει σεναρίων κλιματικής αλλαγής έχει υπολογιστεί ότι σημαντικό ποσοστό ειδών (15-37%) θα αντιμετωπίσει έως το 2050 αυξημένες πιθανότητες εξαφάνισης

Thomas et al. (2004), Thuiller et al. (2005)

# Πρόβλεψη μεταβολής της εξάπλωσης της απόδισκης δρυός (*Quercus petraea*) για το 2080

## Modeling the effects of climate change on plant diversity

*Quercus petraea* (Eng: Sessile oak, Fr: chene sessile)

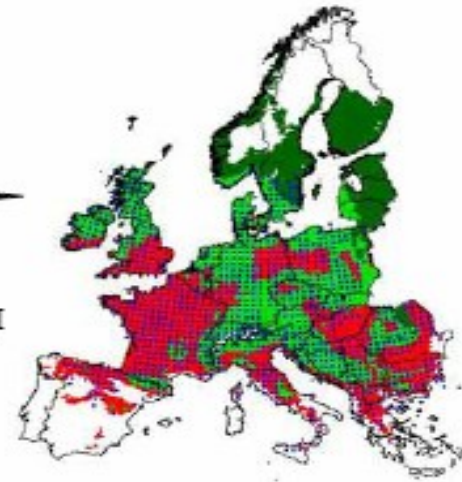


**Current Distribution**  
simulated using BIOMOD

- Observation
- Simulation

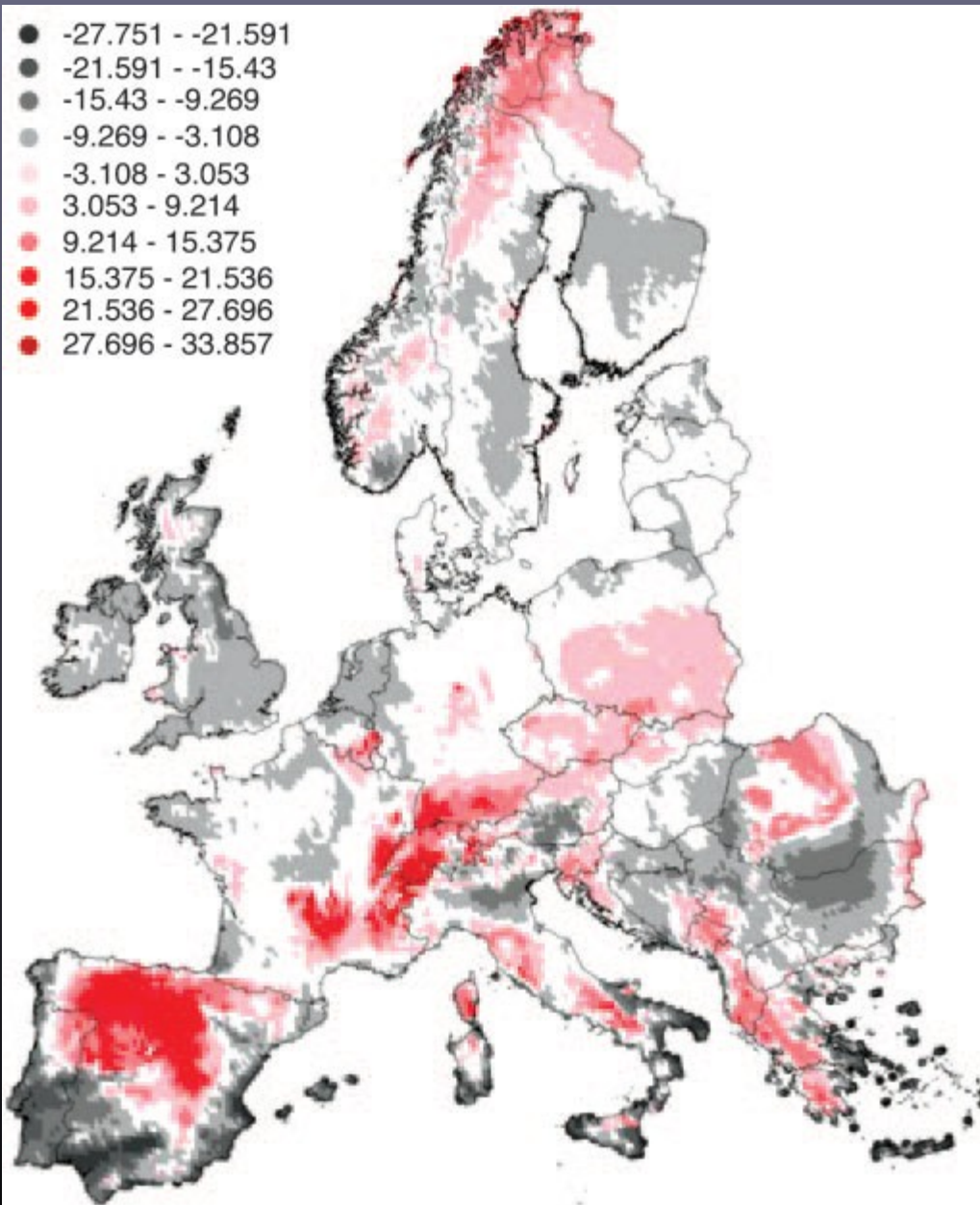


**Project future climate**  
Climate model - HadCM3  
Greenhouse gas emissions model - A1FI



**Future Distribution: 2080**  
simulated using BIOMOD

- **Loss of habitat**
- **Stable habitat**
- **Gain of habitat**



# Πρόβλεψη επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον πλούτο ειδών στην Ευρώπη έως το έτος 2080

- Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται η μείωση του αριθμού ειδών
- Με γκρι χρώμα σημειώνεται η αύξηση του αριθμού ειδών

(Thuiller et al. 2005)

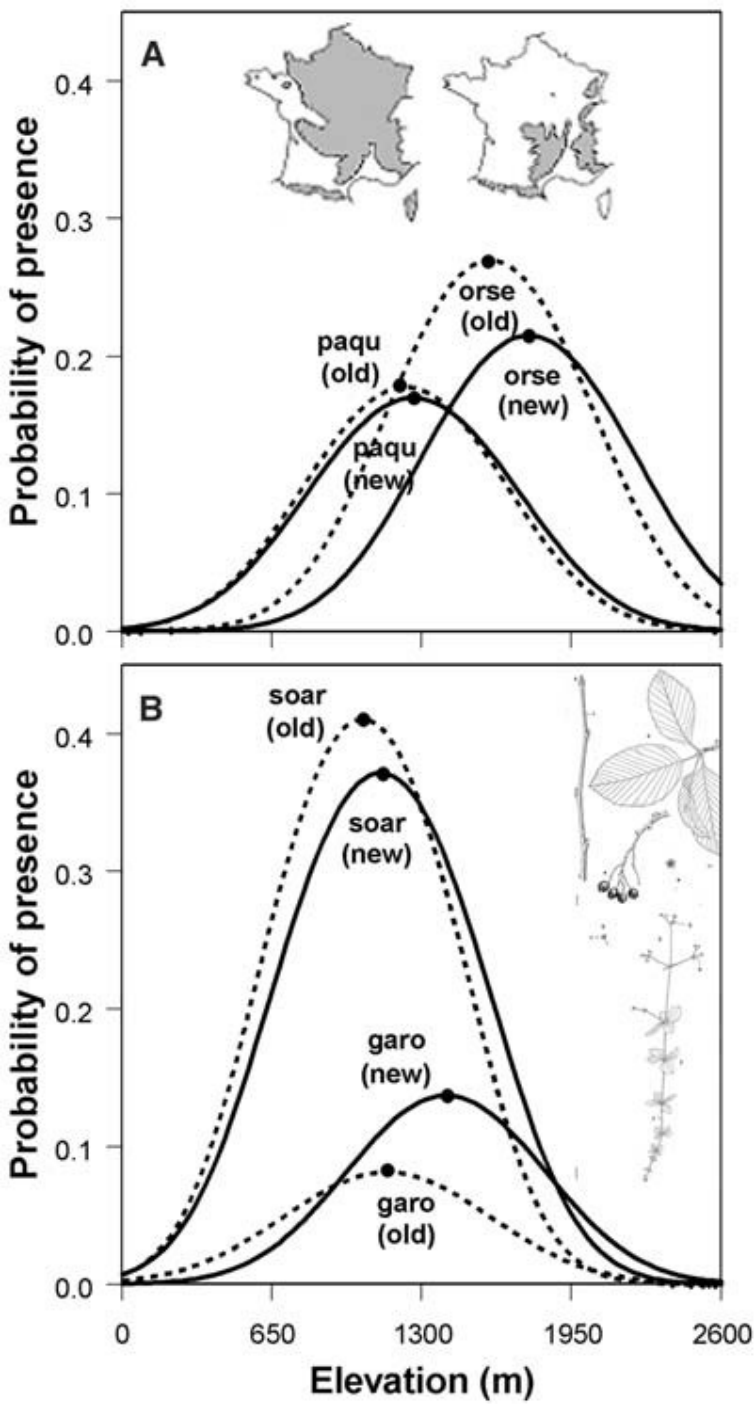
# Μεταβολή του υψομετρικού εύρους κατανομής δασικών ειδών

- Ο μέσος όρος αύξησης του οικολογικού βέλτιστου σε σχέση με το υψόμετρο είναι 29 μέτρα / δεκαετία
- Τα είδη δεν επηρεάζονται μόνο στα όρια της γεωγραφικής τους εξάπλωσης, αλλά σε όλο το εύρος εξάπλωσής τους
- Τα είδη ανταποκρίνονται αυτόνομα στην κλιματική αλλαγή, αλλά είδη με παρόμοια οικοθέση αναμένεται να εμφανίζουν παρόμοιες τάσεις αλλαγών
- Τα είδη ορεινών περιοχών παρουσιάζουν μεγαλύτερες αλλαγές στην υψομετρική κατανομή τους σε σχέση με τα ευρύτοπα είδη
- Είδη με μικρότερη διάρκεια ζωής, γρηγορότερη αναπαραγωγική ωρίμανση και μικρότερου μεγέθους παρουσιάζουν μεγαλύτερες αλλαγές στην υψομετρική κατανομή τους

(Lenoir et al. 2008)



# Μεταβολή του οικολογικού βέλτιστου ειδών σε σχέση με το υψόμετρο (περίοδος 1905-2005, **Lenoir et al. 2008**)



paqu: *Paris quadrifolia*



orse: *Orthilia*



garo: *Galium rotundifolium*



soar: *Sorbus aria*

# Φαινολογία άνοιξης

- Μέσος αριθμός ημερών πρώιμης εμφάνισης φαινολογικών σταδίων / δεκαετία: 5.1 ( $\pm 0.1$  SE)
- Τα δέντρα εμφανίζουν κατά μέσο όρο 3 ( $\pm 0.1$  SE) ημέρες πρώιμη εμφάνιση φαινολογικών σταδίων ανά δεκαετία

# Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα είδη επιφέρουν αντίστοιχες επιπτώσεις στη βλάστηση

- Αλλαγές στο συγχρονισμό μεταξύ πρωτογενούς, δευτερογενούς και τριτογενούς παραγωγής και αναντιστοιχίες σε διαδοχικά τροφικά επίπεδα
- Αλλαγές στη σύνθεση των φυτοκοινωνιών και δημιουργία νέων συνδυασμών συν-εμφανιζόμενων ειδών
- Αλλαγές στη δομή και στη λειτουργικότητα των φυτοκοινωνιών
- Αυξημένη πιθανότητα εισβολής ξενικών ειδών
- Αλλαγές στις σχέσεις μεταξύ των φυτών (π.χ. ανταγωνισμός), καθώς και στις σχέσεις των φυτών με ετερότροφους οργανισμούς



# Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα είδη, επιφέρουν αντίστοιχες επιπτώσεις στη βλάστηση

- Μέχρι πρόσφατα δόθηκε έμφαση στη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο επίπεδο των ειδών
- Είναι απαραίτητη η κατανόηση των επιπτώσεων στο επίπεδο των εξαρτήσεων και άλλων πιθανών σχέσεων μεταξύ των ειδών, θέτοντας σαν βάση τη δυναμική των παραπάνω σχέσεων και τις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών
- Τα πολύπλοκα οικολογικά συστήματα εμφανίζουν πολλές φορές μη γραμμικές τάσεις δυναμικής, εξαιτίας της υπέρβασης συγκεκριμένων ορίων ή της λειτουργίας μηχανισμών ανάδρασης
- Τα παραπάνω δυσχεραίνουν την οικολογική ερμηνεία της απόκρισης των φυτοκοινωνιών, ιδίως στα αρχικά στάδια κλιματικής αλλαγής, καθώς και την πρόβλεψη μελλοντικών αλλαγών σε σχέση με το εύρος της κλιματικής αλλαγής.

# Μεθοδολογία μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής στη βλάστηση

Δύο βασικές προσεγγίσεις ([Dunne et al. 2004](#)):

- Βάσει δεδομένων πεδίου
- Βάσει πειραματικών μεθόδων

▪ Και οι δύο προσεγγίσεις έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

# Μεθοδολογία μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής στη βλάστηση

Η προσέγγιση βάσει δεδομένων πεδίου έχει βασιστεί κυρίως σε:

- Δεδομένα παρακολούθησης (τοπική ή περιφερειακή κλίμακα)
- Μεθόδους μακροοικολογίας (ευρεία κλίμακα)

Τα δεδομένα παρακολούθησης μπορούν:

- Να προέρχονται από μόνιμες δειγματοληπτικές επιφάνειες στις οποίες λαμβάνονται στοιχεία ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. ανά τριετία)
- Να προέρχονται από διαφορετικά σύνολα δεδομένων δειγματοληπτικών επιφανειών

# Μεθοδολογία μελέτης επιπτώσεων κλιματικής αλλαγής στη βλάστηση

## Περίπτωση διαφορετικών συνόλων δεδομένων

- Συνήθως έχουν ληφθεί από διαφορετικούς ερευνητές σε διαφορετικές χρονικές περιόδους
- Προσπάθεια ερμηνείας ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων των δειγματοληπτικών επιφανειών

## Ποιοτικά δεδομένα

- Σύνθεση ειδών και κατάσταση διατήρησης τυπικών ειδών

## Ποσοτικά δεδομένα

- Λειτουργικά χαρακτηριστικά ειδών
- Βιοδείκτες

# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

Δειγματοληψία βλάστησης σε κάθε περιοχή μελέτης σύμφωνα με τη μέθοδο του Braun-Blanquet

Περιοχή μελέτης	Αριθμός δειγματοληπτικών επιφανειών
Πιέρια όρη	25
Δάσος Ασπροποτάμου-Καλαμπάκας	25
Πάρνηθα	20
Ταΰγετος	26



# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

Εύρεση ανά περιοχή μελέτης δειγματοληπτικών επιφανειών από προηγούμενες έρευνες-μελέτες

Κριτήρια:

- Ίδια ευρύτερη περιοχή
- Κυρίαρχο είδος (κάλυψη >50%) ίδιο με τις δειγματοληψίες 2010

Περιοχή μελέτης	Υπάρχοντα σύνολα δεδομένων
Πιέρια όρη	Βάση Natura 2000: 5 επιφ. Γερασιμίδης (1985): 24 επιφ.
Δάσος Ασπροποτάμου-Καλαμπάκας	-
Πάρνηθα	Βάση Natura 2000: 33 επιφ.
Ταΰγετος	Βάση Natura 2000: 13 επιφ. Barbéro & Quézel (1976): 8 επιφ.

# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

## Σύνθεση ειδών και τυπικά είδη

➤ Σύγκριση με τη χλωριδική σύνθεση φυτοκοινωνιών της ευρύτερης περιοχής (π.χ. Πελοπόννησος)

## Λειτουργικά χαρακτηριστικά ειδών

➤ Βιοτικές μορφές (φανερόφυτα, ημικρυπτόφυτα, χαμαίφυτα, θερόφυτα, γεώφυτα) (**Raunkiaer 1905**)

➤ Χωρολογικές ενότητες (στενομεσογειακά, ευρυμεσογειακά, ορεινά μεσογειακά, ευρασιατικά, ατλαντικά, ορεινά νότιο-ευρωπαϊκά, βόρεια, πολυζωνικά) (**Pignatti et al. 2005, 2006**)

# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

## «Βιοδείκτες»

Δείκτες του Ellenberg (βαθμολόγηση φυτικών ειδών σε κλίμακα από 1-9 ή -12 για τους βασικούς οικολογικούς παράγοντες (Pignatti et al. 2005, 2006)

- Φως
- Θερμοκρασία
- Ηπειρωτικότητα-ωκεανικότητα κλίματος
- Υγρασία εδάφους
- Οξύτητα εδάφους
- Θρεπτικά στοιχεία

# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

Υπολογισμός ανά δειγματοληπτική επιφάνεια, ανά τύπο βλάστησης και ανά περιοχή:

➤ Βιοτικών φασμάτων

➤ Χωρολογικών φασμάτων

➤ Υπολογισμός ανά δειγματοληπτική επιφάνεια των δεικτών του Ellenberg

▪ Ο υπολογισμός των φασμάτων και των δεικτών του Ellenberg θα γίνει για τις δειγματοληπτικές επιφάνειες του 2010 και τις βιβλιογραφικές επιφάνειες

# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

Η επεξεργασία των δεδομένων (δειγματοληπτικές επιφάνειες 2010) θα περιλαμβάνει:

- Ταξινόμηση (ανάλυση σε συστάδες) των δειγματοληπτικών επιφανειών σε τύπους βλάστησης που θα διαφοροποιούνται χλωριδικά και οικολογικά
- Ταξιθέτηση των δειγματοληπτικών επιφανειών για την εύρεση των βασικών οικολογικών βαθμίδων και την οικολογική ερμηνεία της διαφοροποίησης
  - Στην ανάλυση ταξιθέτησης θα χρησιμοποιηθούν τα βιοτικά και χωρολογικά φάσματα, καθώς και οι δείκτες του Ellenberg ανά δειγματοληπτική επιφάνεια ως παθητικές επεξηγηματικές μεταβλητές



# Μεθοδολογία μελέτης - AdaptFor

- Ανάλυση συσχέτισης των παθητικών επεξηγηματικών μεταβλητών με τους άξονες των διαγραμμάτων ταξιθέτησης
- Σύγκριση των βιοτικών και χωρολογικών φασμάτων και των δεικτών του Ellenberg ανά δειγματοληπτική επιφάνεια μεταξύ των επιφανειών του 2010 και των βιβλιογραφικών επιφανειών
- Εύρεση των οικοθέσεων των κυρίαρχων και διαφοροποιών ειδών και εκτίμηση αυτών που είναι στενότοπα (specialists)
- Εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων της μεταβολής των κλιματολογικών δεδομένων στα παραπάνω είδη
- Διατύπωση προτάσεων και μέτρων για τη διατήρηση ειδών και τύπων βλάστησης σε σχέση με την κλιματική αλλαγή

# Αναμενόμενα αποτελέσματα και περιορισμοί

## Αναμενόμενα αποτελέσματα

- Διάκριση μονάδων βλάστησης και ποιοτήτων τόπου (βάσει της χλωριδικής σύνθεσης)
- Εύρεση των βασικών οικολογικών βαθμίδων στις περιοχές μελέτης
- Εύρεση πιθανών αλλαγών στη βλάστηση
- Εύρεση των στενότερων ειδών στις περιοχές μελέτης και αυτών που είναι πιθανότερα περισσότερο ευπαθή σε μεταβολή των κλιματικών συνθηκών
- Διερεύνηση πιθανών επιπτώσεων κλιματικών ή άλλων περιβαλλοντικών αλλαγών στις περιοχές μελέτης

# Αναμενόμενα αποτελέσματα και περιορισμοί

## Περιορισμοί

- Δυσκολία ανίχνευσης επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε τοπική κλίμακα χωρίς μόνιμες δειγματοληπτικές επιφάνειες
- Έγπαρξη σημαντικού βαθμού θορύβου στα δεδομένα βλάστησης
- Δυσκολία εύρεσης των οικολογικών παραγόντων που είναι υπεύθυνες για τυχόν μεταβολές στη χλωριδική σύνθεση των φυτοκοινωνιών

**Τα όποια ευρήματα αποτελούν ενδείξεις που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, κυρίως μέσω της εγκατάστασης συστήματος μόνιμης παρακολούθησης**

# Βιβλιογραφία

- Badeck et al. 2004. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist* 162: 295-309.
- Dunne et al. 2004. Integrating experimental and gradient methods in ecological climate change research. *Ecology* 85: 904-916.
- Lenoir et al. 2008. A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century. *Science* 320: 1768-1771
- Pignattii, S. 2006. Ecological indication as a tool for European Vegetation Survey. 16<sup>th</sup> EVS Workoshop, Catania, Italy.
- Pignatti et al. 2005. Bioindicazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia. *Braun-Blanquetia* 39: 1-97.
- Raunkiaer, C. 1905. Types biologiques pour la géographie botanique. *Bull. Acad. Sc. Danemark*.
- Root et al. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Thomas et al. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148
- Thuiller et al. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Ecology* 102:8245-8250

Σας Ευχαριστώ