

# Απομόνωση και γενετική διαφοροποίηση πληθυσμών του ζαρκαδιού (*Capreolus capreolus*) στην Ελλάδα

νέα δεδομένα για  
αποτελεσματικότερη  
διαχείριση και  
διατήρηση



Δημήτρης Τσαπάρης  
Παναγιώτης Κασαπίδης  
Κωνσταντίνος Σωτηρόπουλος  
Αναστάσιος Λεγάκις  
Γιώργος Κωτούλας

Πάτρα, Οκτώβριος 2010

# *Capreolus capreolus*

- ✓ μικρόσωμο είδος της οικογένειας Cervidae
- ✓ ιστορία 2 εκατομμυρίων χρόνων
- ✓ επιτυχημένο ως είδος λόγω ιδιαίτερων προσαρμογών σε φυσιολογία και συμπεριφορά
- ✓ ευρύτατη εξάπλωση-σημαντικοί πληθυσμοί σε ολόκληρη την Ευρώπη



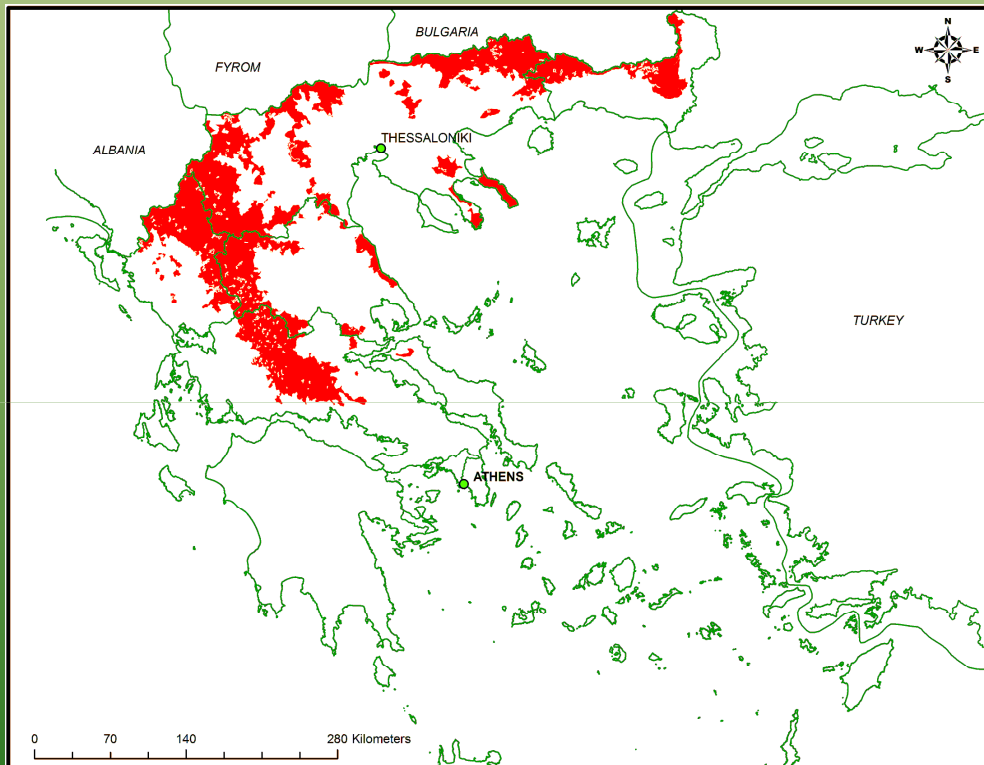
εκτιμώμενος πληθυσμός  
15.000.000  
(IUCN)

- ✓ ένα τα πλέον μελετημένα θηλαστικά

# Το ζαρκάδι στην Ελλάδα

- ✓ χαμηλές πυκνότητες σε σχέση με ευρωπαϊκούς πληθυσμούς
- ✓ από το 1969 έχει απαγορευτεί το κυνήγι του σε όλη την επικράτεια (εκτός από τις ελεγχόμενες κυνηγετικές περιοχές)

## Γεωγραφική κατανομή



- ✓ απουσία παρακολούθησης και διαχείρισης

- ✓ περιορισμένη έρευνα
- ✓ ΤΡΩΤΟ (Κόκκινο Βιβλίο 2009)

## ΑΠΕΙΛΕΣ

- λαθραίο κυνήγι
- υποβάθμιση/ κερματισμός ενδιαιτημάτων

# Ερωτήματα - Στόχοι

Η γενετική ποικιλότητα βασικό στοιχείο της βιοποικιλότητας



εξελικτικό «δυναμικό»



χαμηλή γενετική ποικιλότητα → ενδογαμία → μειωμένη αναπαραγωγική ικανότητα

Η διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας  
πρωταρχικός στόχος στη διαχείριση των άγριων και αιχμάλωτων πληθυσμών



Ποιο το εύρος της γενετικής ποικιλότητας του είδους στην Ελλάδα;  
Υπάρχουν γεωγραφικά πρότυπα;



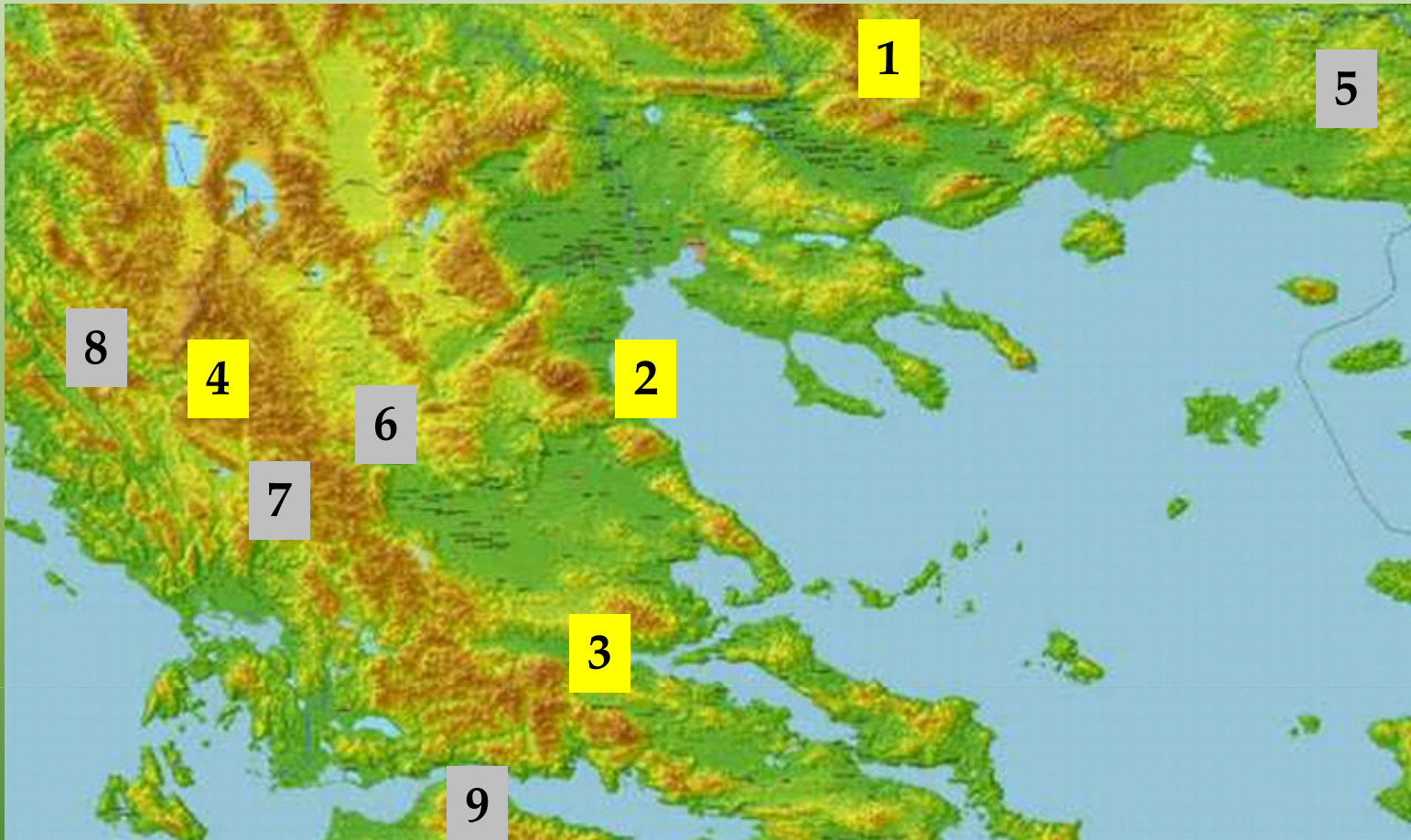
Υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών;  
Αν ναι σε ποιο βαθμό;



Ποια η κατάσταση σε επιμέρους πληθυσμούς;  
Αντιμετωπίζουν κινδύνους;

# Δειγματοληψία

Πού;



1.	<b>ΕΚΠ Λαϊλιά</b> 24 δείγματα
2.	<b>ΕΚΠ Όσσας</b> 20 δείγματα
3.	<b>ΕΚΠ Παρνασσίδας</b> 18 δείγματα
4.	<b>Ζαγόρι</b> 17 δείγματα
5.	Αισίμη (Εβρος) 1 δείγμα
6.	ΕΚΠ Κόζιακα 3 δείγματα
7.	Τζουμέρκα 1 δείγμα
8.	Άνω Πωγώνι 1 δείγμα
9.	Εκτροφείο Καλαβρύτων 11 δείγματα

Πώς;



λήψη ηπατικού ή μυϊκού ιστού

«μη παρεμβατική δειγματοληψία»: τρίχες, κέρατα, οστά

Πότε;



Οκτώβριος 2003-Δεκέμβριος 2007

# Μοριακοί δείκτες

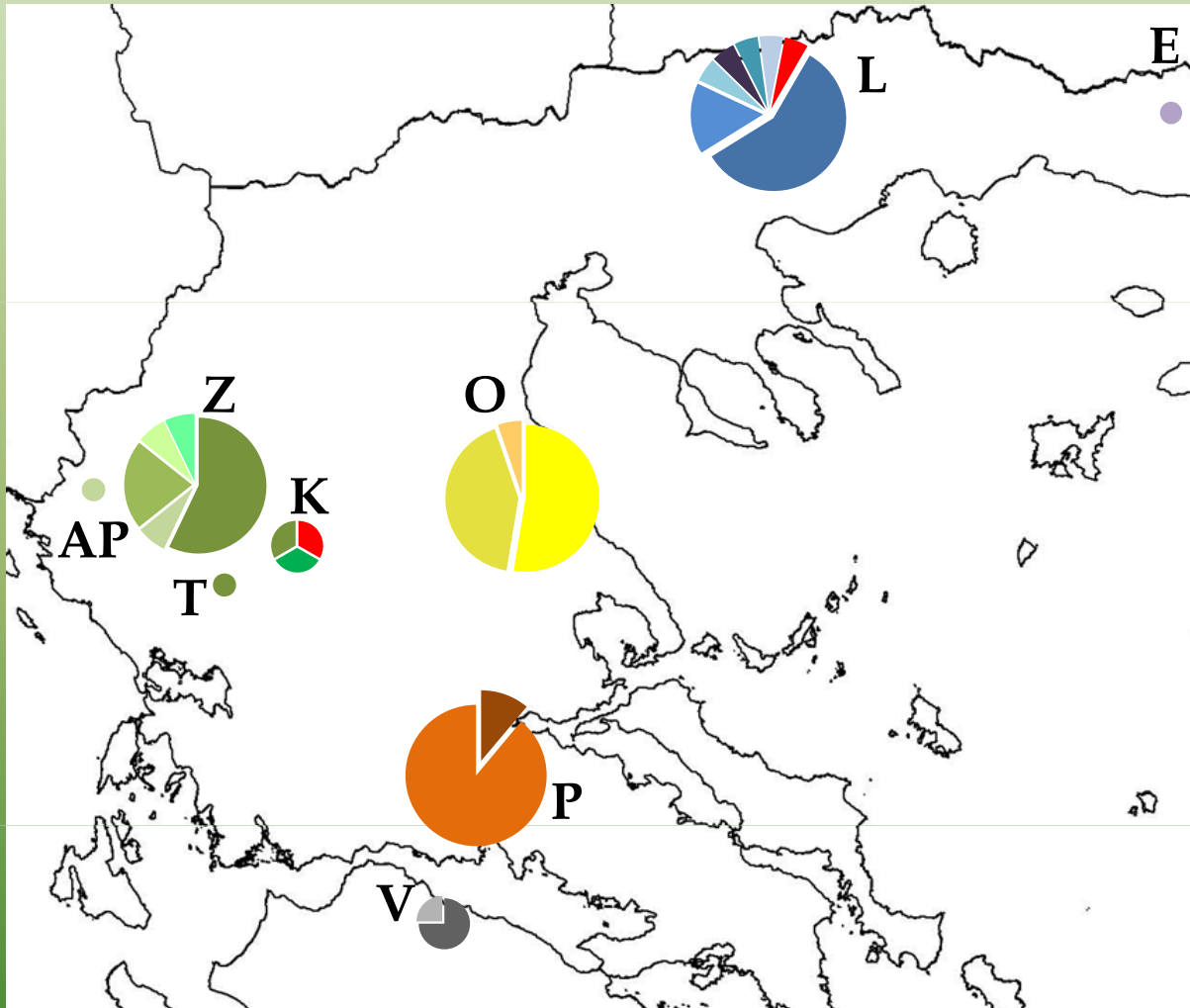
## A. Περιοχή ελέγχου μιτοχονδριακού DNA (control region)

- αλληλουχίες μήκους 838 bp σε 80 δείγματα
- 37 πολυμορφικές θέσεις (4,4%)
- 21 απλότυποι - 18 ιδιωτικοί (86%)

## B. Μικροδορυφορικοί δείκτες

- 14 μικροδορυφορικοί τόποι σε 88 δείγματα
- 2 - 10 αλληλόμορφα ανά γενετικό τόπο
- συνολικά 95 αλληλόμορφα - 23 ιδιωτικά (24,2%)
- κανένας τόπος σε ανισορροπία σύνδεσης (Fisher exact tests)

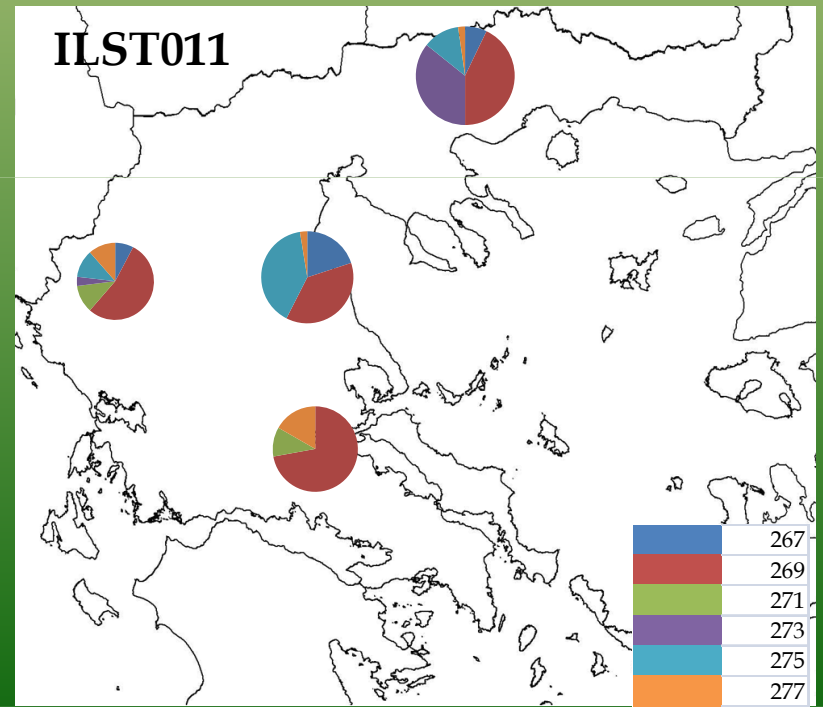
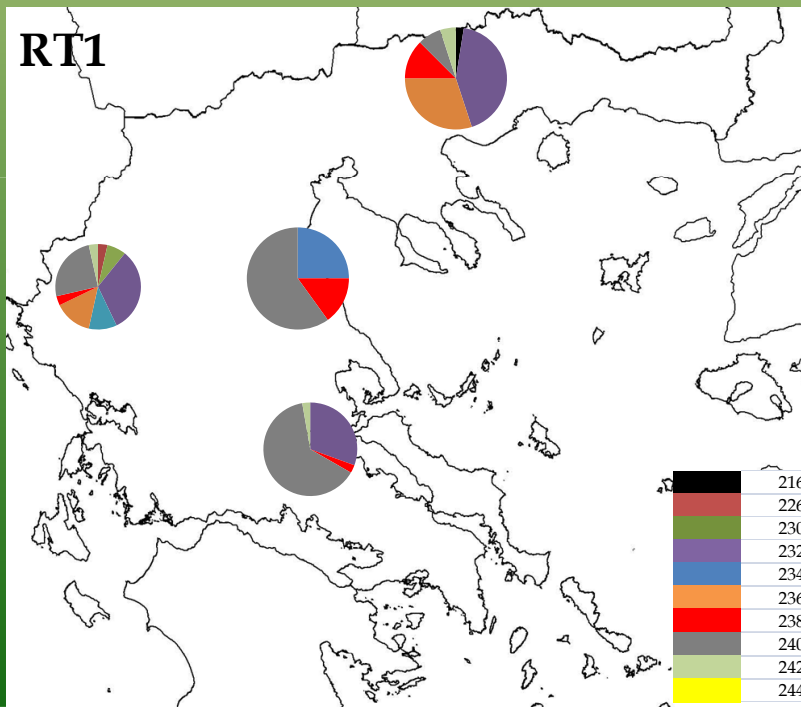
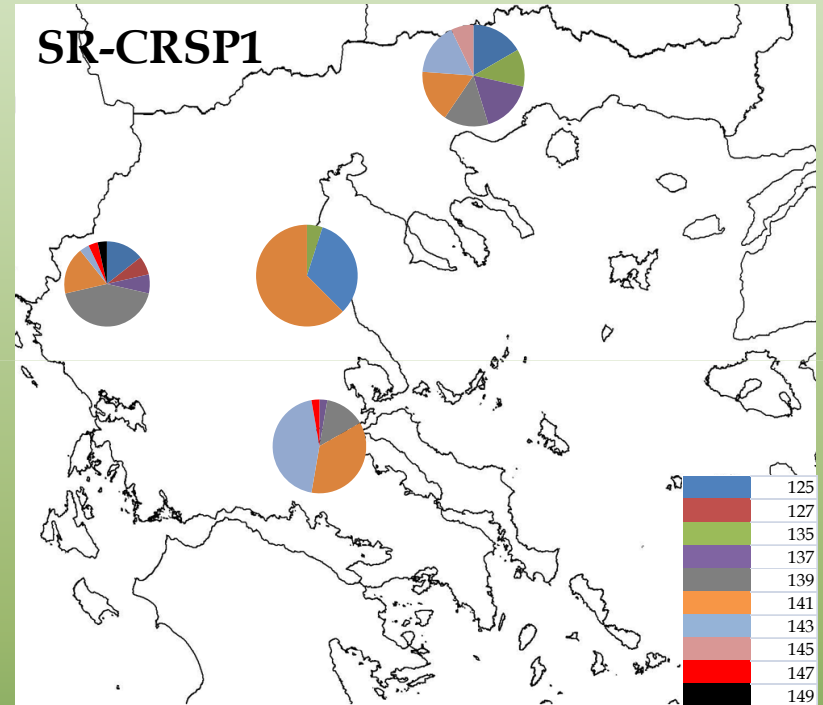
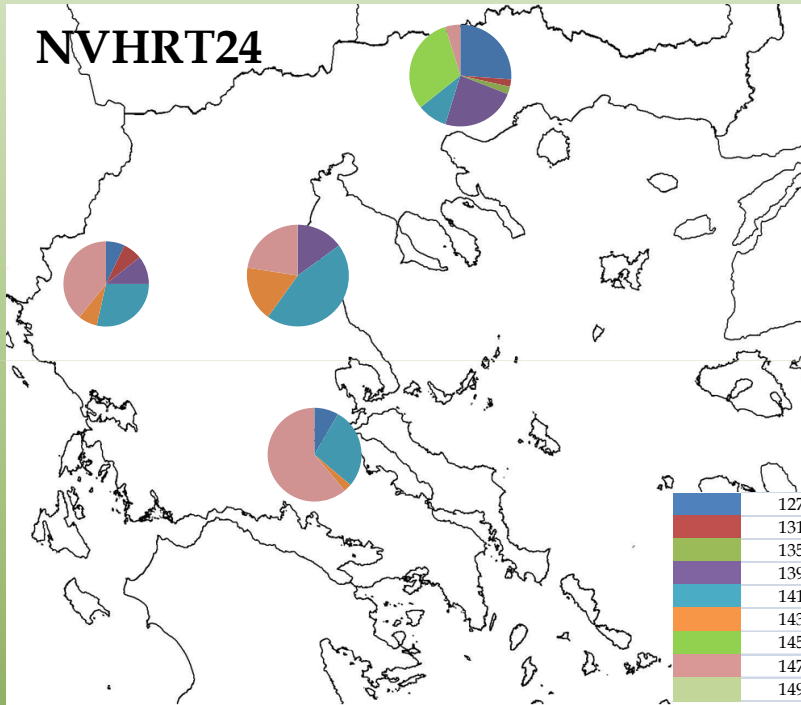
# Γεωγραφική κατανομή απλοτύπων mtDNA



	L	O	P	Z	K	AP	T	V	E	Σ
GR1	11									11
GR2	3									3
GR3	1									1
GR4	1									1
GR5	1									1
GR6	1									1
GR7	1				1					2
GR8								1		1
GR9		10								10
GR10		8								8
GR11		1								1
GR12			2							2
GR13			16							16
GR14					1					1
GR15				8	1		1			10
GR16				1		1				2
GR17				3						3
GR18				1						1
GR19				1						1
GR20								3		3
GR21								1		1
Σ	19	19	18	14	3	1	1	4	1	80

εντυπωσιακή διαφοροποίηση από περιοχή σε περιοχή

# Γεωγραφική κατανομή και συχνότητες αλληλομόρφων





# Γενετική ποικιλότητα

Περιοχή-Πληθυσμός	Μιτοχονδριακό DNA			Πυρηνικό DNA				
	απλοτύποι ανά δείγμα	Απλοτυπική ποικιλότητα	Νουκλεοτιδική ποικιλότητα	Αλληλική ποικιλότητα	Διορθ. αλληλική ποικιλότητα	Παρατηρούμενη ετεροζυγωτία	Αναμενόμενη ετεροζυγωτία	Μέσος αριθμός ιδιωτικών αλληλομόρφων
		$H_d$	% π	$A$	$A_{\mu}$	$H_o$	$H_{e.u}$	$N_{id}$
Λαϊλιάς (L)	7/19	0,66 (0,11)	0,40 (0,24)	4,71 (0,60)	3,23 (0,31)	0,53 (0,07)	0,59 (0,07)	0,71 (0,22)
Όσσα (O)	3/19	0,57 (0,06)	0,50 (0,29)	2,93 (0,29)	2,44 (0,22)	0,46 (0,07)	0,49 (0,07)	0,21 (0,16)
Παρνασσίδα (P)	2/18	0,21 (0,12)	0,22 (0,15)	3,50 (0,44)	2,62 (0,27)	0,53 (0,07)	0,52 (0,07)	0,14 (0,10)
Ζαγόρι (Z)	5/14	0,66 (0,12)	0,57 (0,33)	4,71 (0,67)	3,26 (0,36)	0,58 (0,08)	0,60 (0,08)	0,50 (0,17)
Ελλάδα (GR)	21/80	0,90	0,75	6,80	-	0,53	0,54	-

χαμηλότερες τιμές ποικιλότητας στο mtDNA



Παρνασσίδα

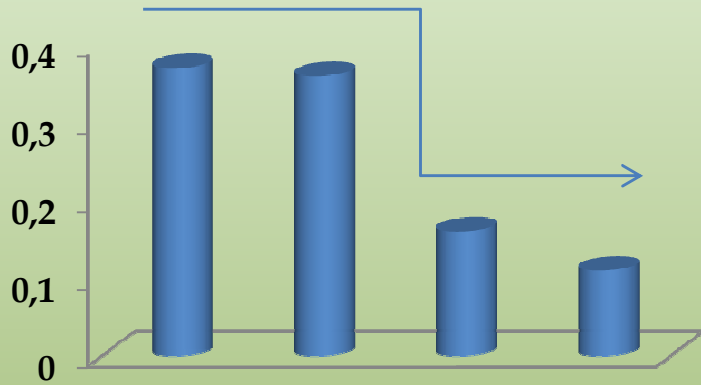
χαμηλότερες τιμές ποικιλότητας στο nDNA



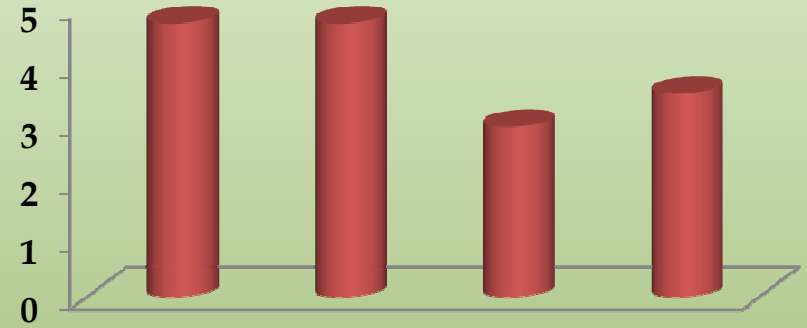
Όσσα

**Ζαγόρι και Λαϊλιάς > Όσσα, Παρνασσίδα**

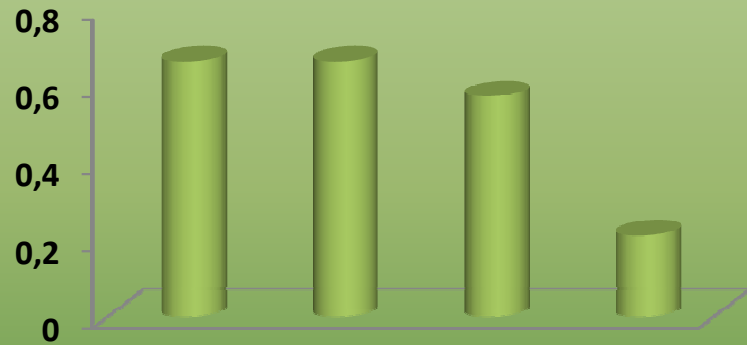
H/n



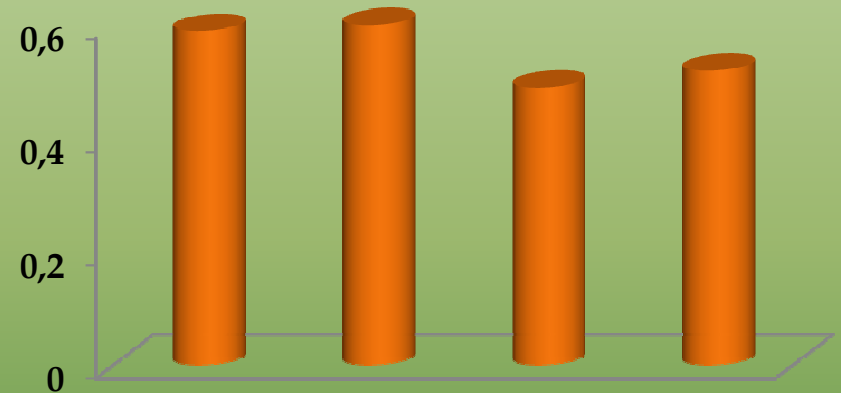
A



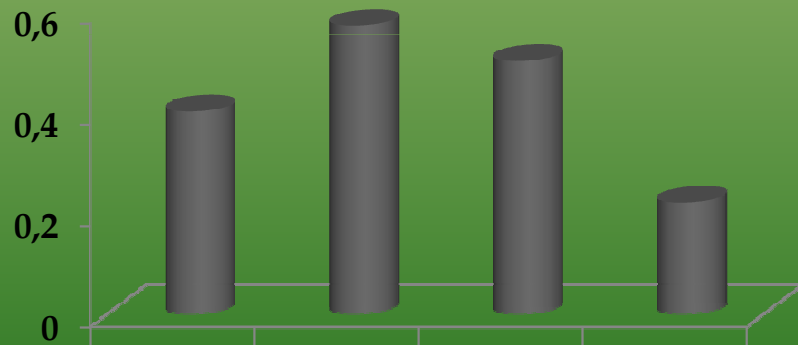
Hd



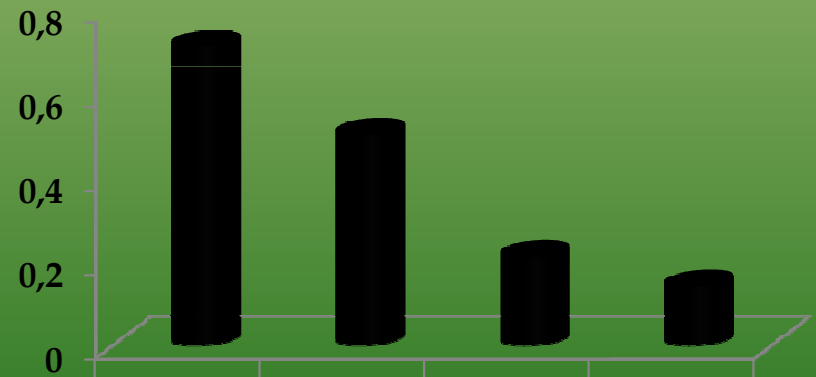
He



$\Pi$  %



$N_{1\delta}$



L

Z

O

P

L

Z

O

P

# Γενετική δομή

✓ *F-statistics* (Weir & Cockerham)

---

$\Phi_{st} = 0,51$   
 $F_{st} = 0,13$  | υψηλές και στατιστικά σημαντικές τιμές (συνολικές)



γενετική δομή στην Ελλάδα: υποπληθυσμοί με περιορισμένη γονιδιακή ροή

$\Phi_{st} \gg F_{st}$  → ένδειξη «φιλοπατρίας» θηλυκών

---

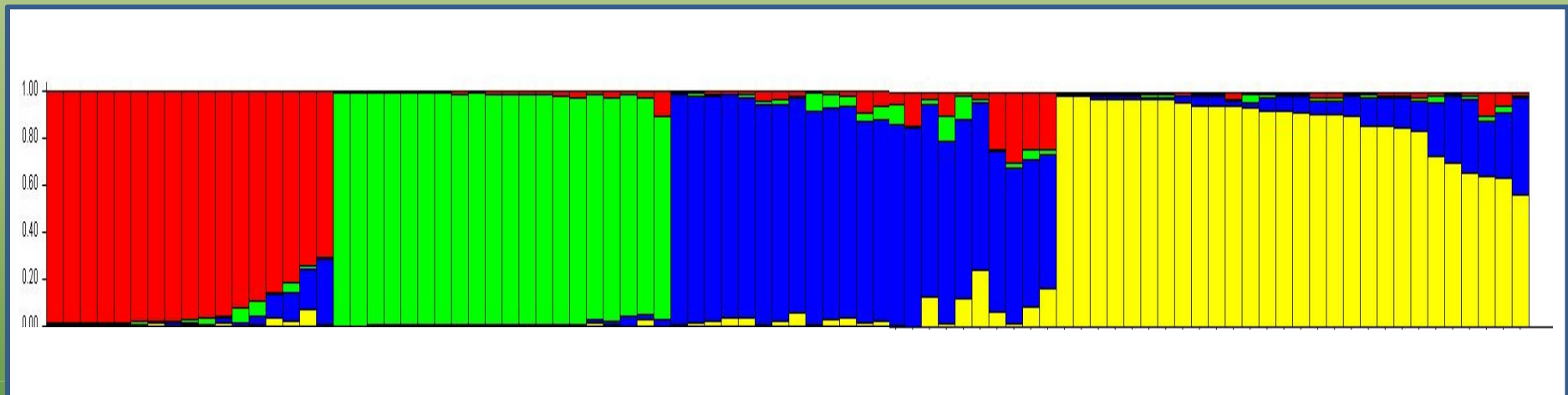
$F_{IS}$  | μικρές και στατιστικά μη σημαντικές τιμές



τυχαία διασταύρωση των ατόμων εντός των πληθυσμών

# Ανάλυση STRUCTURE

- Bayesian ανάλυση —→ αντιστοίχιση ατόμων σε γενετικές ομάδες
- δεν προϋποθέτει καθορισμό «γεωγραφικής» ταυτότητας
- χρήση των γονοτύπων του συνόλου των δειγμάτων (88)

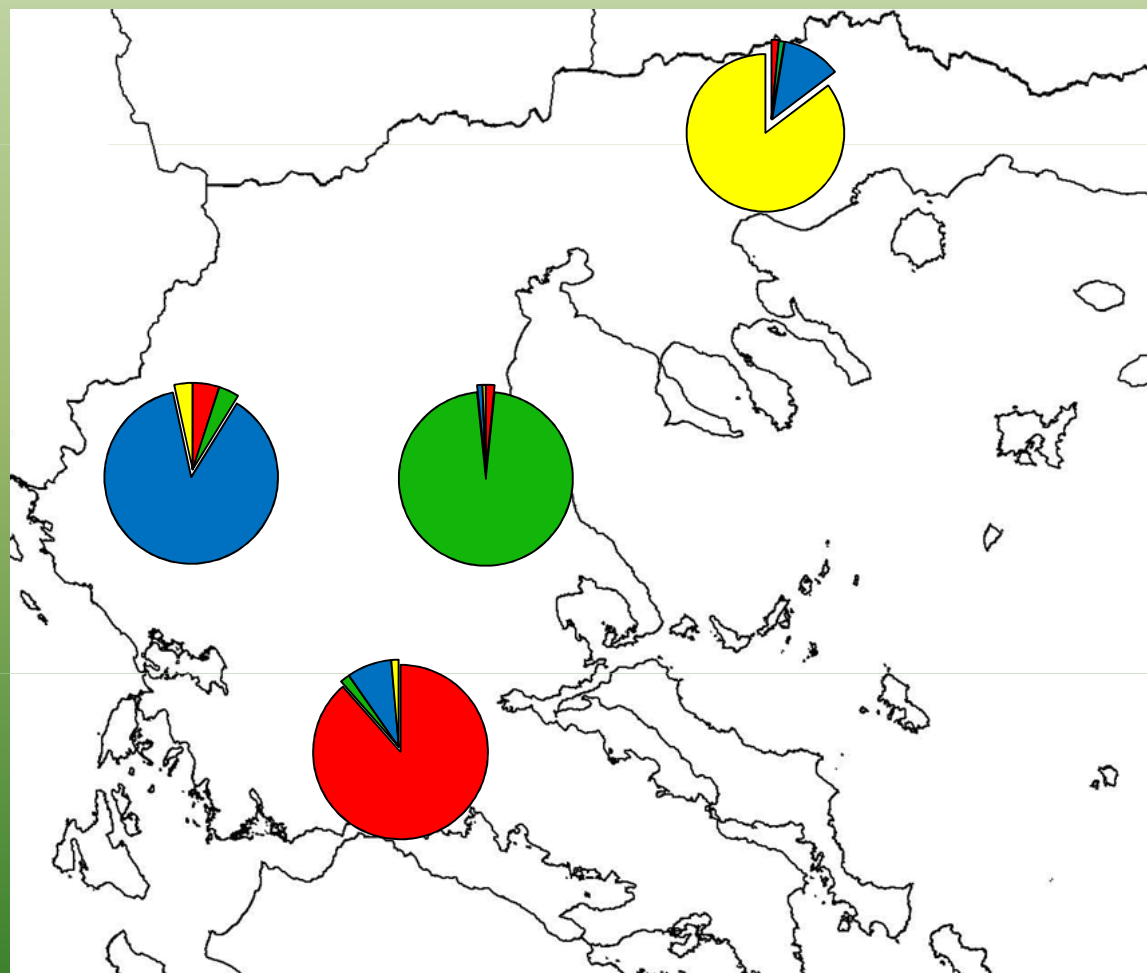


K=4 γενετικές ομάδες

85% των ατόμων αντιστοιχήθηκαν σε κάποια ομάδα ( $q > 75\%$ )

# Ανάλυση STRUCTURE

Q: ποσοστό συμμετοχής κάθε K στη γενετική δεξαμενή των πληθυσμών



υψηλές τιμές  $Q > 85\%$



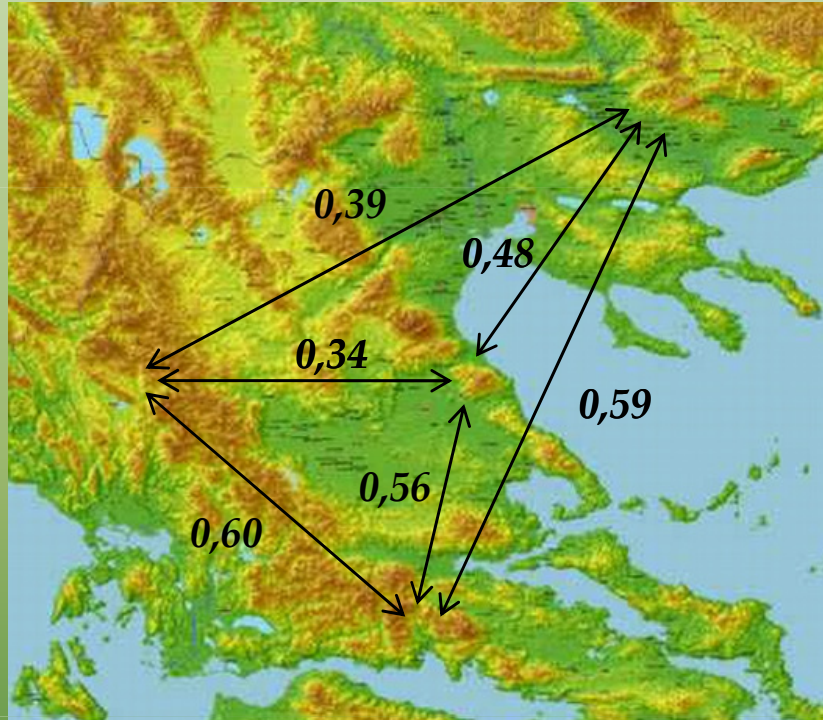
χαμηλή ανάμειξη των  
γενετικών δεξαμενών



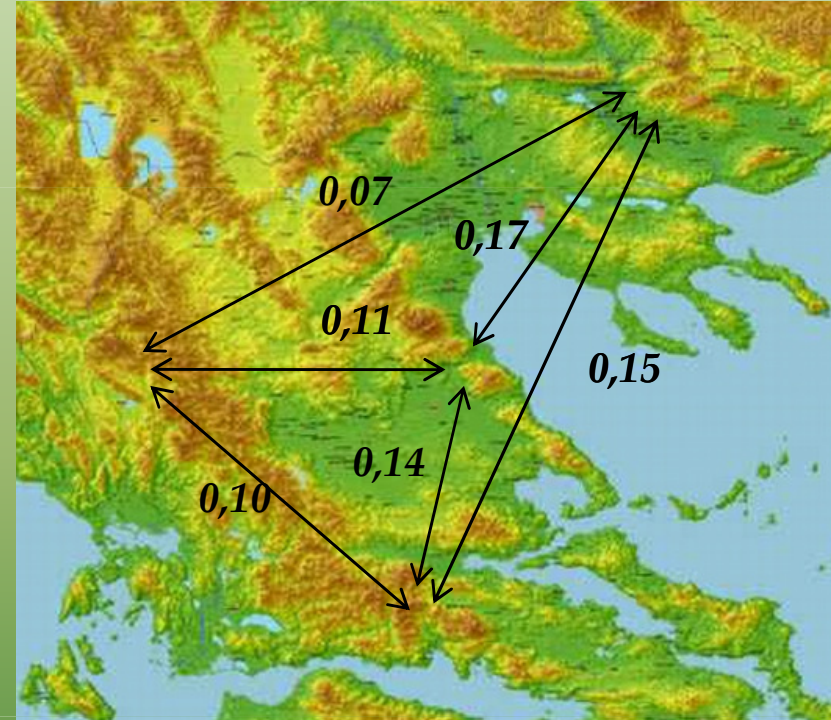
ελάχιστη  
μετανάστευση

# Πρότυπα διαφοροποίησης μεταξύ των πληθυσμών

$\Phi st$  (control region mtDNA)



$F st$  (14 microsatellites)



- ❖ υψηλές και στατιστικά σημαντικές τιμές  $\longrightarrow$  έντονη διαφοροποίηση χαμηλή γονιδιακή ροή
- ❖ σύνθετο πρότυπο διαφοροποίησης - διαφορετικό σε κάθε δείκτη
- ❖ καμία συσχέτιση γενετικών και γεωγραφικών αποστάσεων

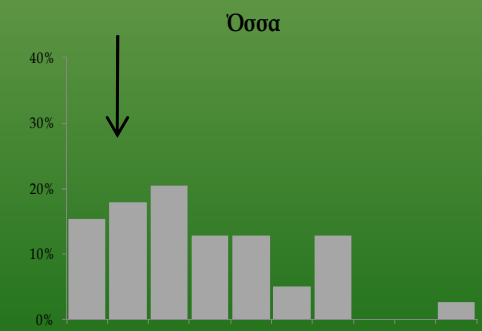
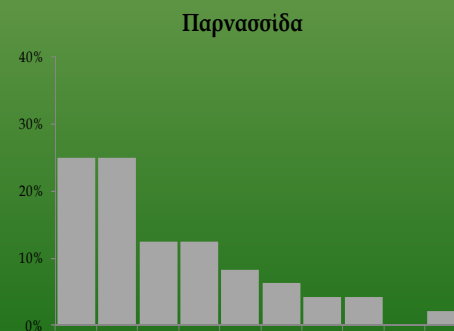
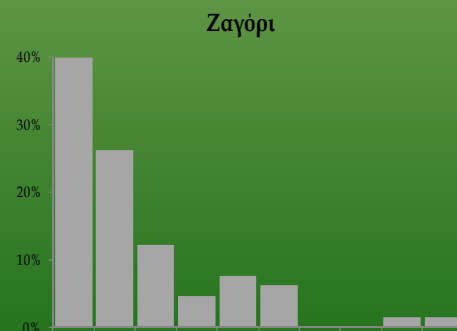
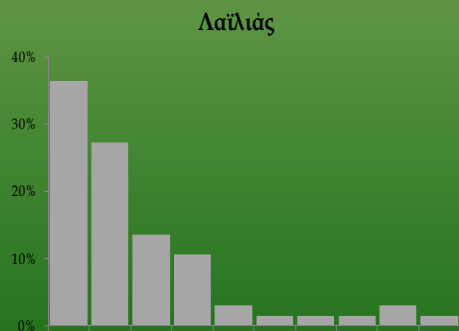
Mantel test

# Στενωποί

απότομη και μεγάλη μείωση του  $N_e$  → γενετική παρέκκλιση → απώλεια γενετικής ποικιλότητας

πρόγραμμα Bottleneck

Πληθυσμός	Στατιστικός έλεγχος <i>WILCOXON</i>	Ποιοτικός έλεγχος κατανομής αλληλικών συχνοτήτων	Στενωπός
Λαϊλιάς	$p=0,38$ (NS)	normal L shape	-
Όσσα	$p=0,002$	shifted mode	+
Παρνασσίδα	$p=0,15$ (NS)	normal L shape	-
Ζαγόρι	$p=0,63$ (NS)	normal L shape	-



# Συμπεράσματα

## □ έντονα διαφοροποιημένοι υποπληθυσμοί - ύπαρξη γενετικής δομής

- χαμηλή γονιδιακή ροή | γεωγραφική απομόνωση (φράγματα)  
ανθρωπογενή αίτια (κερματισμός-κυνήγι)
- σύνθετο μοντέλο διαφοροποίησης (μάλλον νησιωτικό)
- το «βόρειο τόξο»
- απαιτείται η ανάλυση «ενδιάμεσων» πληθυσμών

## □ χαμηλά επίπεδα γενετικής ποικιλότητας Όσσας και Παρνσιίδας

- σε συμφωνία με το βιογεωγραφικό πρότυπο: στους περιφερειακούς πληθυσμούς ελάττωση της ποικιλότητας
- οι μικροί πληθυσμοί πιο ευάλωτοι στη δράση της τυχαίας γενετικής παρέκκλισης
- ο ρόλος του κυνηγιού



# Συμπεράσματα

- ❑ ανάγκη για εντατικότερη έρευνα και διαχείριση τουλάχιστον σε έναν πληθυσμό (Όσσα)

# Ευχαριστίες

- το προσωπικό των Δασαρχείων Καλαβρύτων, Άμφισσας, Λάρισας, Σερρών και ιδίως των ΕΚΠ
- το προσωπικό του Εργαστηρίου Γενετικής του ΙΘΑΒΙΓ Κρήτης