

# Προστατευόμενες Περιοχές



**Ποσοτική εκτίμηση  
της οικολογικής  
αποτελεσματικότητας  
των προστατευόμενων  
περιοχών**

# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα οικοσυστήματα

## **Βήμα 1: Πειραματικός Σχεδιασμός**

Καθορίζει τα επιστημονικά ερωτήματα (σχηματισμός υποθέσεων) και την απαραίτητη μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθηθεί (πεδίο – εργαστήριο) για να απαντηθούν τα ερωτήματα (έλεγχος υποθέσεων)

## **Βήμα 2: Συλλογή Δεδομένων**

Συλλογή της απαραίτητης πληροφορίας μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης ή πειραμάτων και εργασίες πεδίου

## **Βήμα 3: Οργάνωση και Οπτικοποίηση των Δεδομένων**

Χρήση πινάκων, απλών γραφημάτων και άλλων τρόπων για να αποκτηθεί μια πρώτη επαφή με το τι 'λένε' τα δεδομένα που αποκτήθηκαν

## **Βήμα 4: Περίληψη των Δεδομένων**

Χρήση κατάλληλων (σύμφωνα με τις ανάγκες της εκάστοτε μελέτης) στατιστικών και μαθηματικών υπολογισμών για την περίληψη των δεδομένων και τον εντοπισμό τάσεων και προτύπων

## **Βήμα 5: Εφαρμογή Στατιστικών Μεθόδων**

Εφαρμογή στατιστικών μεθόδων για την απόρριψη ή αποδοχή της αληθείας των αρχικών επιστημονικών υποθέσεων και τον εντοπισμό των πιθανών μηχανισμών που περιγράφουν τα παρατηρούμενα πρότυπα ή αποτελέσματα

# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα οικοσυστήματα

## Βήμα 1: Πειραματικός Σχεδιασμός

Η διεξαγωγή πειραμάτων αποτελεί τον πυρήνα για να κατανοήσουμε τα οικοσυστήματα. Οι επιστήμονες έρχονται με τις επιστημονικές ιδέες που βασίζονται είτε σε προγενέστερη έρευνα είτε σε νέες ιδέες και δικές τους παρατηρήσεις. Αυτές οι ιδέες μπορεί να λάβει τη μορφή ερώτησης, όπως: *‘Μήπως αλιεία με τράτα βυθού καταστρέφει τον βυθό;’* ή μιας υπόθεσης όπως: *‘Η μείωση παροχής θρεπτικών αλάτων μειώνει τον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών’*, ή μιας πρόβλεψης όπως: *‘Η προσθήκη ενός ειδικευμένου θηρευτή σε μια περιοχή θα μειώσει/αυξήσει/ αφήσει αμετάβλητο το μέγεθος του πληθυσμού της λείας του’*

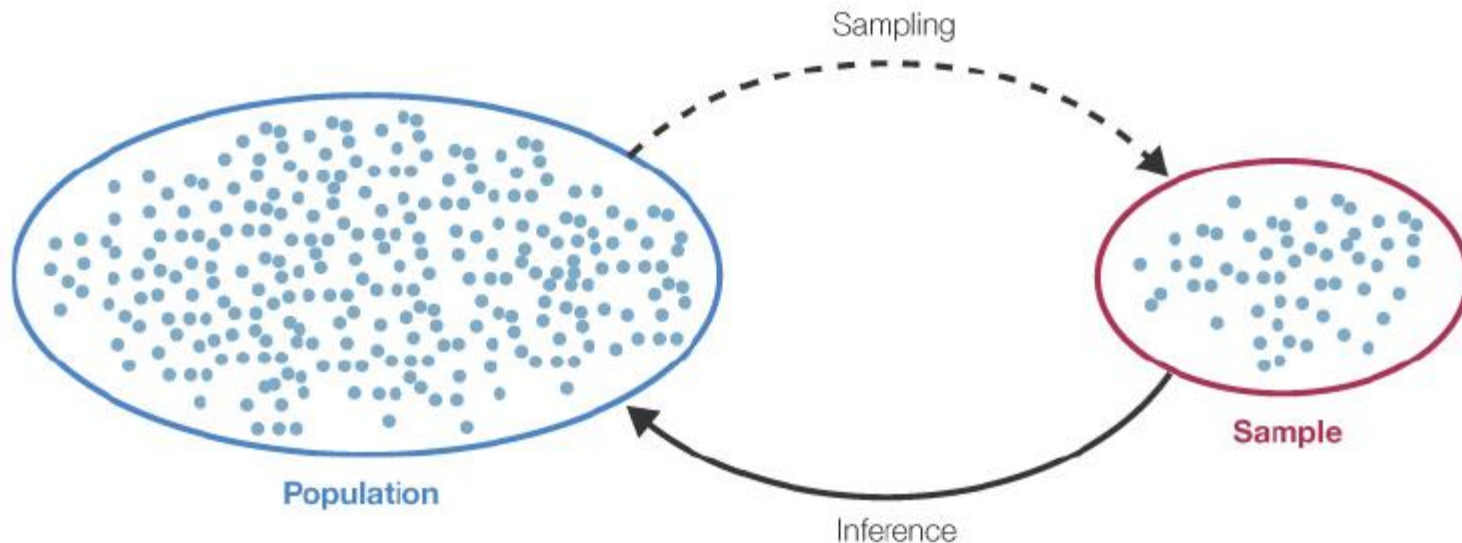
Τα πειράματα και οι μελέτες πεδίου μας επιτρέπουν να ελέγχουμε τέτοιες επιστημονικές ιδέες, αλλά ο σχεδιασμός ένα καλού πειράματος μπορεί να είναι αρκετά δύσκολος. Χρησιμοποιούμε στατιστικά στοιχεία που μας καθοδηγούν στο σχεδιασμό των πειραμάτων, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την προϋπάρχουσα γνώση στο θέμα αυτό. Πριν να επιδοθούμε σε ένα πείραμα θα πρέπει να εξετάζουν την ιδέα μας, και να αποτρέψει τους εξωγενείς παράγοντες να μας οδηγήσουν σε λανθασμένο σχεδιασμό και αποτελέσματα. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να ελέγξουμε την υπόθεση ότι το *άζωτο αυξάνει την ανάπτυξη των φυτών*. Αν συμπεριλάβουμε πολύ λίγα φυτά, δεν θα είμαστε σε θέση να καθορίσουμε το κατά πόσον ή όχι η χορήγηση αζώτου έχει επίδραση στην ανάπτυξη, και το πείραμα θα είναι άστοχο. Αν συμπεριλάβουμε πάρα πολλά φυτά, θα χάσουμε πολύτιμο χρόνο και πόρους. Επιπλέον, το πείραμα θα πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορούν να εντοπίσουν διαφορές που οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην επίδραση του αζώτου και όχι με στην μεταβολή, για παράδειγμα, παραμέτρων όπως το φως του ήλιου ή η παρουσία άλλων αλάτων.

# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα οικοσυστήματα

## Βήμα 2: Συλλογή Δεδομένων

Λήψη δειγμάτων: Λαμβάνονται αντιπροσωπευτικά δείγματα από την προς μελέτη ποσότητα. Για παράδειγμα για τον έλεγχο του αν το μέγεθος των θηλυκών αραχνών σχετίζεται με τον αριθμό των αυγών που γεννούν μετράμε έναν περιορισμένο αλλά στατιστικώς επαρκή αριθμό αραχνών και όχι όλες τις αράχνες που υπάρχουν (δειγματοληψία πληθυσμού)

Έπειτα, από τον δειγματικό πληθυσμό εξάγονται συμπεράσματα για τον συνολικό πληθυσμό



# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα οικοσυστήματα

## Βήμα 2: Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα μπορούν να έχουν πολλές μορφές και μεγέθη. Με τον όρο μεταβλητή ορίζουμε ένα μετρήσιμο χαρακτηριστικό ενός οργανισμού ή του φυσικού οικοσυστήματος. Η μεταβλητές μπορεί να βρίσκονται σε αριθμητική κλίμακα όπως για παράδειγμα οι ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας σε μια περιοχή. Οι μεταβλητές αυτές ονομάζονται ποσοτικές μεταβλητές (quantitative variables).

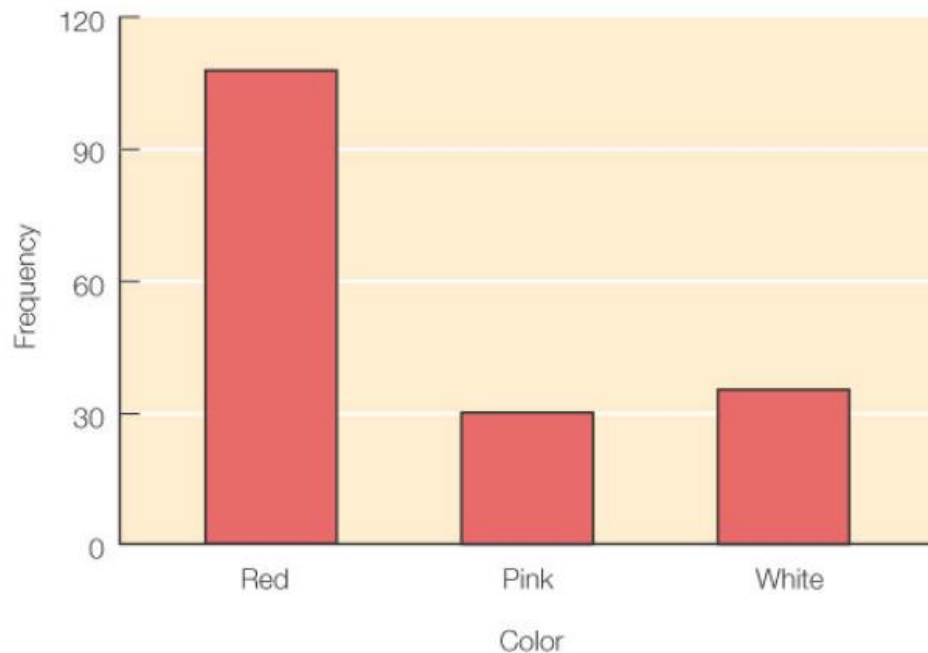
Στην περίπτωση που οι μεταβλητές έχουν κατηγορίες ως τιμές όπως ο τύπος αίματος του ανθρώπου (A, B, AB, O), τότε οι μεταβλητές αυτές λέγονται ποιοτικές ή κατηγορικές (qualitative or categorical variables)

# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα οικοσυστήματα

## Βήμα 3: Οργάνωση και Οπτικοποίηση των Δεδομένων

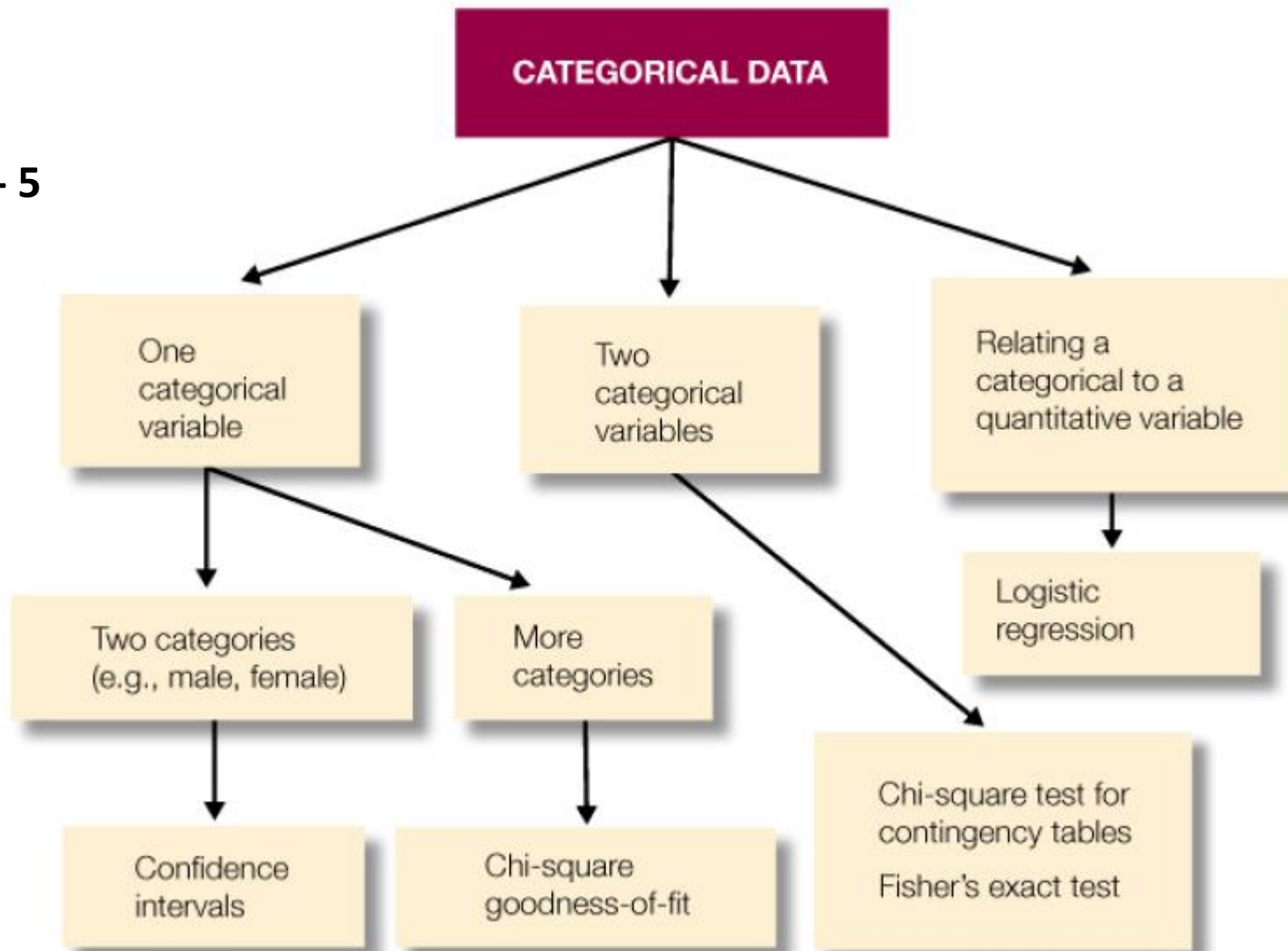
Δημιουργία βάσης δεδομένων σε κατάλληλο λογισμικό

Χρήση απλών τεχνικών για την οπτική απεικόνιση των δεδομένων



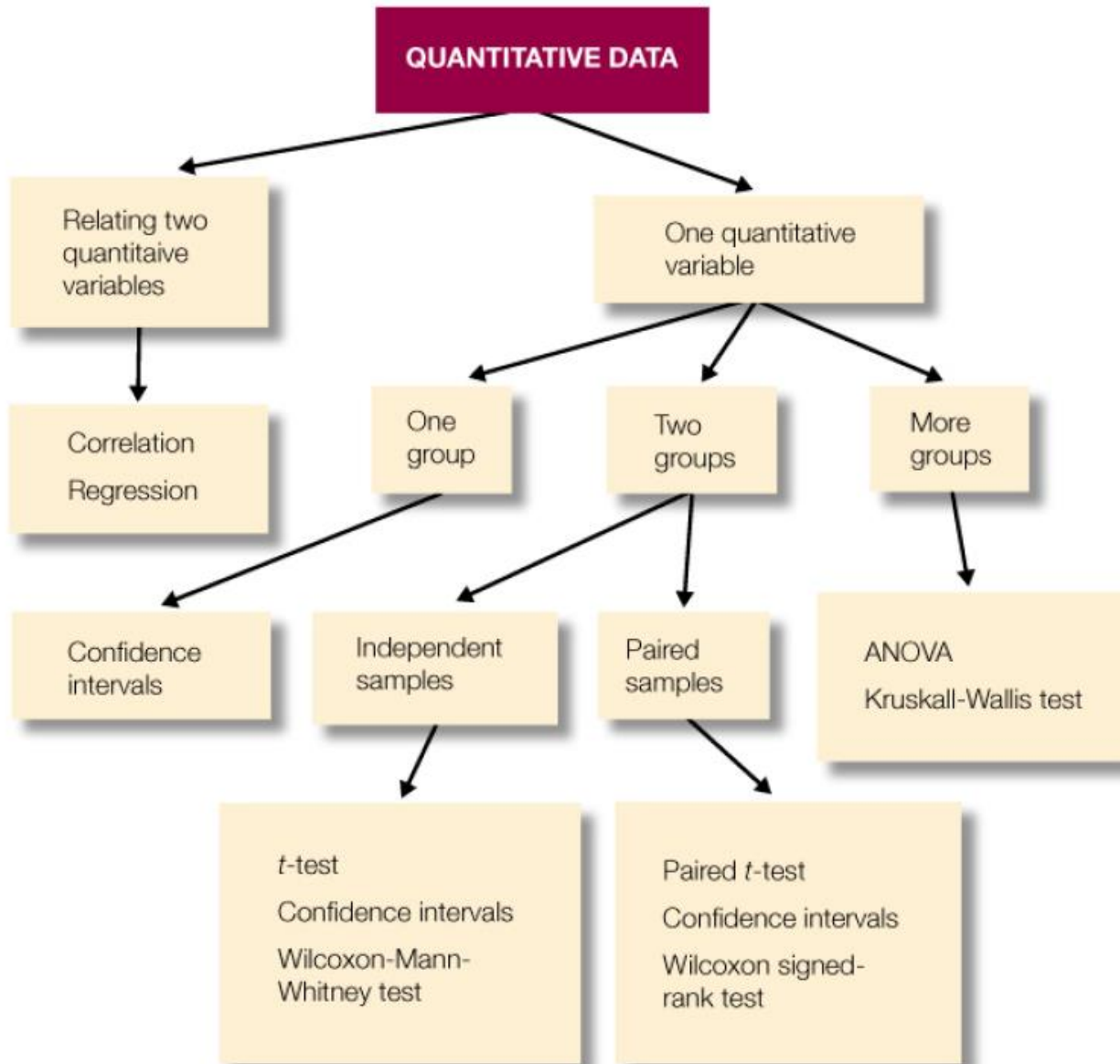
# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα ομοσυστήματα

Βήμα 4 - 5



# Πως μελετάμε και κατανοούμε τα οικοσυστήματα

## Βήμα 4 - 5





## Μονομεταβλητή ανάλυση

✓ Πως χειρίζεται κανείς τα βιολογικά δεδομένα για να απαντήσει στα επιστημονικά ερωτήματα που θέτονται πριν και κατά την διάρκεια μιας έρευνας;

Πιο συγκεκριμένα:

- Έστω ότι υπάρχει ένα σετ δεδομένων από δυο (ή πολλές περιοχές) και εκτός από τα είδη, έχουν προσδιορισθεί η αφθονία και η βιομάζα τους
- Έστω ότι στις περιοχές αυτές έχουν τοποθετηθεί δύο σταθμοί δειγματοληψίας από όπου προέρχονται τα δεδομένα

# Μονομεταβλητή ανάλυση

## Πιθανά Ερωτήματα:

- Διαφέρει η Βιοποικιλότητα μεταξύ των δυο περιοχών μελέτης;
- Υπάρχει περιβαλλοντική επιβάρυνση και καθεστώς ρύπανσης στις προς μελέτη περιοχές (οικολογική κατάσταση);

# Μονομεταβλητή ανάλυση

Αρχικά εισάγονται τα δεδομένα σε πίνακες (π.χ Excel) όπου αναγράφονται αριστερά τα είδη και δεξιά η αφθονία ή η βιομάζα τους σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	<b>Species</b>	St1	St2	St3	St4			
3	Abra logicallus	0	0	4,666667	6,333333			
4	Abra ovata	0	0	1	0			
5	Abra prismatica	0	0	0,333333	0			
6	Azorinus chamasolen	0	0	0,666667	0,333333			
7	Corbula gibba	4,333333	2	16,33333	4,333333			
8	Ctena decussata	0	0	0	0,333333			
9	Cuspidaria cuspidata	0	0	0	0,333333			
10	Cylichnina subcylindrica	0	0	0,333333	0			
11	Gouldia minima	0	1,5	0,666667	0			
12	Hiatella arctica	0	0	1	0			
13	Loripes lacteus	1,666667	3,5	15,33333	12			
14	Loripinus lacteus	0	0	1,333333	0			
15	Lucinella divaricata	1,333333	1	0	1,333333			
16	Macoma cumana	0	0	0	1,666667			
17	Mysella bidentata	1	0	4,333333	9			
18	Nucula nitidosa	0	0,5	0	0			
19	Nucula nucleus	0	0	0	0,666667			
20	Nuculana pella	1	0	0,666667	3,666667			
21	Parvicardium ovale	0	0,5	0	0,666667			
22	Parvicardium papillosum	0	0	0,333333	0			

- Οι πίνακες αποτελούν τα πρωτογενή δεδομένα και η μονομεταβλητή ανάλυση παράγει την στατιστική περίληψή τους

## Μονομεταβλητή ανάλυση

✓ Τα βιολογικά δεδομένα (Αφθονία – Βιομάζα) μπορούν να αναλυθούν με Μονομεταβλητές Μεθόδους

Μονομεταβλητές τεχνικές είναι:

1. Οι μέθοδοι που μεταφέρουν ολόκληρα σετ μετρήσεων των ειδών (από ένα η περισσότερα δείγματα) σε ένα απλό συντελεστή (δείκτες ποικιλότητας βάση της Αφθονίας των ειδών π.χ Shannon's  $H'$ , Margalef  $d'$ )
2. Οι μέθοδοι που προβάλλουν σε γραφήματα την περίληψη των μετρήσεων (τεχνικές κατανομής)

# Μονομεταβλητή ανάλυση

## 1. Δείκτες ποικιλότητας (βάση της Αφθονίας/Βιομάζας)

- Οι δείκτες ποικιλότητας χωρίζονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τις προσεγγίσεις της δομής των βιοκοινοτήτων που επιχειρείται :

### **α) Πλούτος των ειδών (Species Richness)**

Οι δείκτες σχετίζονται με τον συνολικό αριθμό των ειδών που απαντώνται σε ένα σταθμό, μια περιοχή κτλ

✓Προφανώς όσα περισσότερα είδη συναντώνται τόσο υψηλότερη βιοποικιλότητα αναμένεται

# Μονομεταβλητή ανάλυση

- Δείκτης ποικιλότητας Margalef's  $d'$

Αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ειδών ( $S$ ) που απαντώνται σε γνωστό αριθμό ατόμων ( $N$ )

$$d' = (S-1) / \log N$$

✓ Έστω όμως, δυο δείγματα με 4 είδη το καθένα και

$$S_1 = (25, 25, 25, 25), S_2 = (1, 1, 1, 97) \text{ τότε } d_1 = d_2 !!!$$

## **β) Ισοδιανομή των ειδών (evenness / equitability)**

Οι δείκτες εκφράζουν το πόσο ομοιόμορφα κατανέμονται τα άτομα στα διάφορα είδη

- Δείκτης ποικιλότητας Pielou's  $J'$

$$J' = H'_{\text{observed}} / H'_{\text{max}}$$

✓ Άρα το  $S_1$  έχει  ισοδιανομή και  κυριαρχία ειδών



# Μονομεταβλητή ανάλυση

## γ) Ετερογένεια (Heterogeneity)

Πρόκειται για τον συνδυασμό των δύο προηγουμένων κατηγοριών δηλαδή τον πλούτο των ειδών και την κατανομή των ατόμων σε αυτά (π.χ Δείκτης ποικιλότητας Simpson's 1-λ)

- Δείκτης ποικιλότητας Shannon – Wiener  $H'$

$$H' = - \sum_i p_i (\log p_i), \text{ όπου } p_i = i^{\text{th}} \text{ species count} / \text{total count}$$

- Δείκτης ποικιλότητας 1 - Simpson's (1 - D)



Species	Number (n)	n(n-1)
Sea holly	2	2
Sand couch	8	56
Sea bindweed	1	0
Sporobolus pungens	1	0
Echinophora spinosa	3	6
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>64</b>

$$N = 15$$

$$n(n-1) = 64$$

# Μονομεταβλητή ανάλυση

## BOX 1 Descriptive Statistics for Quantitative Data

### Notation

$x_1, x_2, \dots, x_n$  are the  $n$  observations in the sample.

$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$  is the sum of all of the observations.

### Equations

$$\text{Mean: } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Standard deviation: } s = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

$$\text{Correlation coefficient: } r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

*Least-squares regression line:*  $Y = b_0 + b_1 X$

$$\text{where } b_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} \text{ and } b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$



# Μονομεταβλητή ανάλυση

The following numbers are shown for each sample:

**N:** The number of values  $n$  in the sample

**Min:** The minimum value

**Max:** The maximum value

**Sum:** The sum

**Mean:** The estimate of the mean, calculated as  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$

**Std. error:** The standard error of the estimate of the mean, calculated as  $SE_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$  where  $s$  is the estimate of the standard deviation (see below).

**Variance:** The sample variance, calculated as  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$ .

**Stand. dev.:** The sample standard deviation, calculated as  $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$ .

# Μονομεταβλητή ανάλυση

- Median:** The median of the sample. For  $n$  odd, the given value such that there are equally many values above and below. For  $n$  even, the average of the two central values.
- 25 prcntil:** The 25<sup>th</sup> percentile, i.e. the given value such that 25% of the sample is below, 75% above. The “interpolation” method is used (see Percentile plot above).
- 75 prcntil:** The 75<sup>th</sup> percentile, i.e. the given value such that 75% of the sample is below, 25% above. The “interpolation” method is used (see Percentile plot above).
- Skewness:** The sample skewness, zero for a normal distribution, positive for a tail to the right.

$$G_1 = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{\left( \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \right)^3}$$

Calculated as

Note there are several versions of this around – Past uses the same equation as SPSS and Excel. Slightly different results may occur using other programs, especially for small sample sizes.

- Kurtosis:** The sample kurtosis, zero for a normal distribution. Calculated as

$$G_2 = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{\left( \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} \right)^4} - 3 \frac{(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Again Past uses the same equation as SPSS and Excel.

- Geom. mean:** The geometric mean, calculated as  $(x_1 x_2 \cdots x_n)^{1/n}$ .

# Μονομεταβλητή ανάλυση

- Number of taxa ( $S$ )
- Total number of individuals ( $n$ )
- Dominance = 1-Simpson index. Ranges from 0 (all taxa are equally present) to 1 (one taxon dominates the community completely).

$$D = \sum_i \left( \frac{n_i}{n} \right)^2 \text{ where } n_i \text{ is number of individuals of taxon } i.$$

- Simpson index 1- $D$ . Measures 'evenness' of the community from 0 to 1. Note the confusion in the literature: Dominance and Simpson indices are often interchanged!
- Shannon index (entropy). A diversity index, taking into account the number of individuals as well as number of taxa. Varies from 0 for communities with only a single taxon to high values for communities with many taxa, each with few individuals.

$$H = - \sum_i \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n}$$

- Buzas and Gibson's evenness:  $e^H/S$
- Brillouin's index:

$$HB = \frac{\ln(n!) - \sum_i \ln(n_i!)}{n}$$

- Menhinick's richness index:  $\frac{S}{\sqrt{n}}$
- Margalef's richness index:  $(S-1)/\ln(n)$
- Equitability. Shannon diversity divided by the logarithm of number of taxa. This measures the evenness with which individuals are divided among the taxa present.
- Fisher's alpha - a diversity index, defined implicitly by the formula  $S = a * \ln(1 + n/a)$  where  $S$  is number of taxa,  $n$  is number of individuals and  $a$  is the Fisher's alpha.

- Berger-Parker dominance: simply the number of individuals in the dominant taxon relative to  $n$ .

# Μονομεταβλητή ανάλυση

## B - ποικιλότητα

Δεδομένα παρουσίας  
– απουσίας

Past	Koleff et al.	Equation	Ref.
Whittaker	$b_w$	$\frac{S}{\bar{\alpha}} - 1$	Whittaker (1960)
Harrison	$b_{-1}$	$\frac{\frac{S}{\bar{\alpha}} - 1}{N - 1}$	Harrison et al. (1992)
Cody	$b_c$	$\frac{g(H) + l(H)}{2}$	Cody (1975)
Routledge	$b_l$	$\log_{10}(T) - \left[ \frac{1}{T} \sum_i e_i \log_{10}(e_i) \right] - \left[ \frac{1}{T} \sum_i \alpha_i \log_{10}(\alpha_i) \right]$	Routledge (1977)
Wilson-Shmida	$b_t$	$\frac{g(H) + l(H)}{2\bar{\alpha}}$	Wilson & Shmida (1984)
Mourelle	$b_{me}$	$\frac{g(H) + l(H)}{2\bar{\alpha}(N - 1)}$	Mourelle & Ezcurra (1997)
Harrison 2	$b_{-2}$	$\frac{\frac{S}{\alpha_{\max}} - 1}{N - 1}$	Harrison et al. (1992)
Williams	$b_{-3}$	$1 - \frac{\alpha_{\max}}{S}$	Williams (1996)

$S$ : total number of species;  $\bar{\alpha}$ : average number of species;  $N$ : number of samples;  $g(H)$ : total gain of species along gradient (samples ordered along columns);  $l(H)$ : total loss of species;  $e_i$ : number of samples containing species  $i$ ;  $T$ : total number of occurrences.

# Μονομεταβλητή ανάλυση

log-response ratio ( $RR$ , Hedges et al., 1999)

$$RR = \ln \left( \bar{X}_T / \bar{X}_C \right)$$

# Μονομεταβλητή ανάλυση

## Ζητούμενα Άσκησης (εφαρμογή του λογισμικού PAST)

Από τα δεδομένα που σας δίνονται

- Υπολογίσατε τους δείκτες ποικιλότητας: Shannon H, Κυριαρχίας 1 – D, Brillouin HB, Bergen – Parker dominance, Equitability J, για κάθε σταθμό δειγματοληψίας
- Παρουσιάστε με γραφήματα τα αποτελέσματα συγκριτικά για τους σταθμούς δειγματοληψίας
- Υπολογίσατε την μέση τιμή των δεικτών και τα υπόλοιπα μέτρα κεντρικής τάσης για το σύνολο των σταθμών δειγματοληψίας

# Μονομεταβλητή ανάλυση

## Ζητούμενα Άσκησης (εφαρμογή του λογισμικού PAST)

- Υπολογίσατε 3 δείκτες  $\beta$  – ποικιλότητας μεταξύ των ζευγών των σταθμών δειγματοληψίας
- Συγκρίνετε και σχολιάστε τα αποτελέσματα. Τι συμπεράσματα μπορούμε να εξάγουμε για την επίδραση της ρύπανσης στις βιοκοινότητες κατά μήκος της περιβαλλοντικής διαβάθμισης;