



# Λιμνοποτάμιο Περιβάλλον και Οργανισμοί

Ενότητα 19: Αφθονία – Κατανομές – Βιομάζα –  
Παραγωγή – Παραγωγικότητα

Καθηγήτρια Λαζαρίδου Μαρία  
Τμήμα Βιολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Αφθονία – Κατανομές – Βιομάζα – Παραγωγή – Παραγωγικότητα

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Δειγματοληψίες (Αφθονίες)
2. Στατιστικές Κατανομές
  - Κατανομές
  - Δείκτες κατανομής
  - Δειγματοληπτικό λάθος
3. Ροή Ενέργειας
4. Βιομάζα
5. Παραγωγή
6. Παραγωγικότητα
7. Διαταραχές – ABC μέθοδος

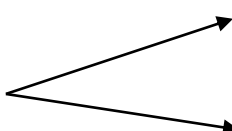


# Σκοποί ενότητας

- Να κατανοήσει ο φοιτητής το βασικό υπόβαθρο πριν τη διεξαγωγή μιας δειγματοληψίας και να αντιληφθεί τη στατιστική επεξεργασία και τις διαφορετικές πληθυσμιακές κατανομές καθώς και τις σχέσεις και εξισώσεις που διέπουν τους όρους Παραγωγή, Παραγωγικότητα, Ροή Ενέργειας, Βιομάζα.

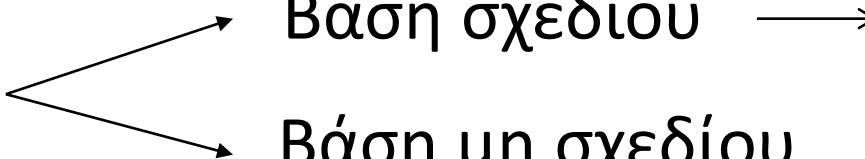
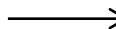


# Δειγματοληψίες

**ΤΙ;**  Πληθυσμός ενός είδους  
Είδη κάποιας βιοκοινότητας

**ΠΟΥ;**  Στον αντιπροσωπευτικότερο βιότοπο

**ΠΟΤΕ;**  Γνώση βιολογικών κύκλων

**ΠΩΣ;**  Βάση σχεδίου  Δυνατή η στατιστική ανάλυση  
Βάση μη σχεδίου



# Δειγματοληψίες

## Δειγματοληπτικές μέθοδοι

### Πριν από τις δειγματοληψίες χρειάζεται :

- Γνώση της βιολογίας (τα αναπτυξιακά στάδια) του ζώου ή των ζώων
- Επιλογή κατάλληλου τρόπου δειγματοληψίας :
  - ✓ Μεταβολή της πυκνότητας του πληθυσμού → Μεταβολή των στατιστικών παραμέτρων → Διάφοροι τρόποι δειγματοληψίας
- Μελέτη του 5-10% της περιοχής → ικανοποιητικά αποτελέσματα.
  - ✓ **είναι** καλύτερη η διαίρεση του πεδίου σε ίσους δειγματοληπτικούς χώρους. Οι υποδιαιρέσεις αυτές πρέπει να θεωρούνται διαφορετικές δυναμικά υποδιαιρέσεις και κατόπιν λήψη δειγμάτων από τους δειγματοληπτικούς χώρους με τη χρήση πίνακα με τυχαίους αριθμούς (βάση σχεδίου)
    - Μελέτη με επανάθεση όταν είναι δυνατόν
    - Μέγεθος της δειγματοληπτικής μονάδας ανάλογα με:
      - α. Τις διαστάσεις των ζώων
      - β. Την κατανομή των ζώων

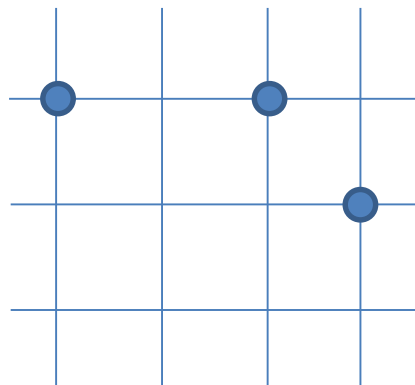
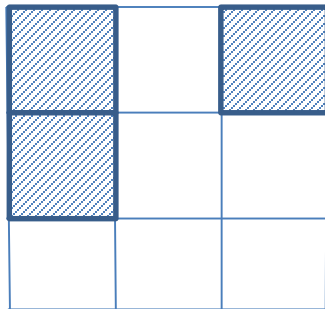
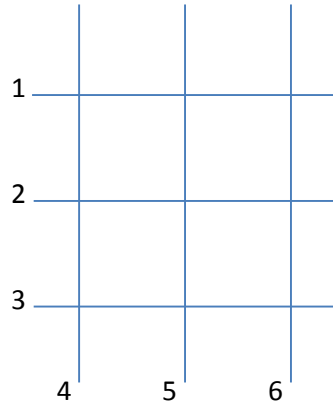




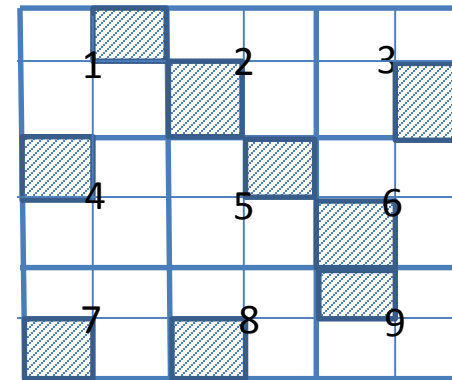
# Δειγματοληψίες

Παραδείγματα τυχαίων δειγματοληψιών

1	2	3
4	5	6
7	8	9

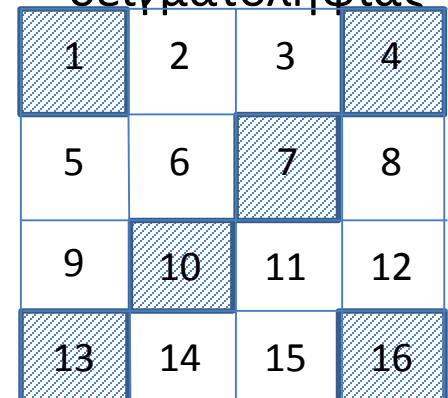


Παράδειγμα στρωματωμένης τυχαίας δειγματοληψίας



Υπόδειγμα ενός τεταρτημορίου στο κάθε τμήμα

Παράδειγμα συστηματικής δειγματοληψίας



Κάθε 3<sup>ο</sup> τμήμα μετά το αρχικό

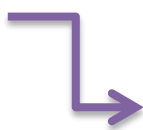


# Δειγματοληψίες

Η εκτίμηση του μεγέθους ενός πληθυσμού (δηλ. ο αριθμός των ατόμων που τον αποτελούν) είναι δύσκολη υπόθεση & πολλές φορές χωρίς βιολογική σημασία.

Αντίθετα, η πυκνότητα παρέχει τη βιολογικά πραγματική έκφραση της αφθονίας του πληθυσμού.

## Πυκνότητα



- ✓ απόλυτη πυκνότητα που είναι ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα επιφανείας ή όγκου
- ✓ σχετική πυκνότητα που εκφράζει την πυκνότητα ενός πληθυσμού σε σχέση με την πυκνότητα ενός άλλου
- ✓ οικολογική πυκνότητα που είναι ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα ενδιαιτήματος



# Δειγματοληψίες

## Μέγεθος δειγματοληπτικής μονάδας

- Εάν το μέγεθος της δειγματοληπτικής μονάδας είναι:
  - ✓ πολύ μεγαλύτερο ή πολύ μικρότερο από το μέσο μέγεθος των "ομάδων" (συσσωματώματα ζώων) & αυτές είναι κατά ομάδες κατανεμημένες τότε η κατανομή φαίνεται τυχαία ή κανονική ενώ η συσσωματική κατανομή δεν είναι δυνατό να εντοπιστεί.
  - ✓ μικρό είναι δυνατό να φανεί η μη τυχαία κατανομή εάν υπάρχουν λίγα άτομα σε κάθε "ομάδα".
  - ✓ σταθερά αυξανόμενο, η κατά ομάδες κατανομή ενός πληθυσμού μπορεί να φανεί ότι είναι τυχαίες ή τέλος κανονικές. Αυτό φαίνεται πολύ χαρακτηριστικά σε ένα πληθυσμό με κανονικά διαταγμένες ομάδες.
- **Καλύτερα να γίνονται δοκιμές με τουλάχιστον δύο διαφορετικά μεγέθη δειγματοληπτικών μονάδων. Η εκλογή όμως του κατάλληλου μεγέθους είναι μία συμβιβαστική λύση μεταξύ στατιστικών & πρακτικών απαιτήσεων**

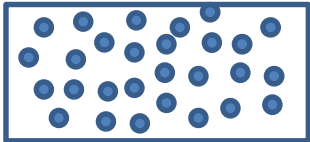


# Δειγματοληψίες

Επίδραση μεγέθους δειγματοληπτικής μονάδας στην ερμηνεία δεδομένων πεδίου

## 1. Μέγεθος δειγματοληπτικής μονάδας και κατανομή των ατόμων

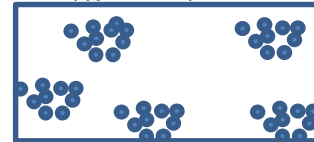
O.k.



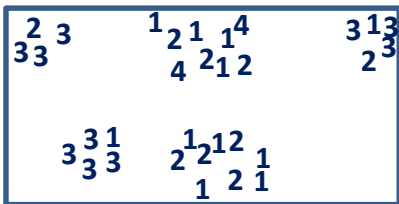
Πιθανό να χάσει τη συστάδα





Ίσως χάσει τη συστάδα




## 2. Μέγεθος δειγματοληπτικής μονάδας και σχέσεις σε σύνολα ειδών σε μια ανάλυση κοινότητας

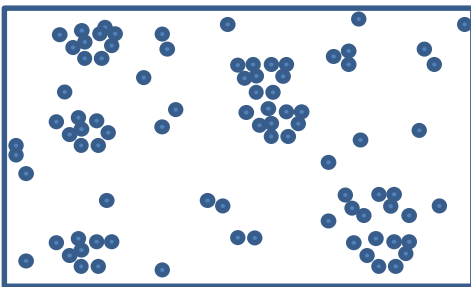



 Καμία συσχέτιση

 Συσχέτιση μεταξύ ειδών 1 & 2

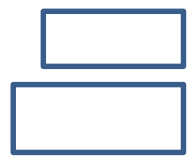
 Συσχέτιση μεταξύ ειδών 1, 2 & 3

## 3. Μέγεθος δειγματοληπτικής μονάδας και συσσωματώματα



 Τυχαία κατανομή μικρής συσσωμάτωσης

 Σημαντική συσσωμάτωση

 Τάση προς κανονική κατανομή

Σχέσεις μεγέθους δειγματοληπτικής μονάδας & κατανομής πληθυσμού (ομάδων) (βασισμένο σε Clarke & Warwick 1994).





# Δειγματοληψίες

## Μέγεθος δειγματοληπτικής μονάδας

### 1. Απόλυτη πυκνότητα πληθυσμού ενός είδους:

Άξονας X = μέσος όρος αριθμού ζώων από δειγματοληπτικές μονάδες ίδιου μεγέθους

Άξονας Y =  $\sigma$  (τυπική απόκλιση) ή συντελεστής ποικιλότητας

Η καλύτερη δειγματοληπτική μονάδα θα είναι αυτή με το μικρότερο  $\sigma$  (Healy, 1962)

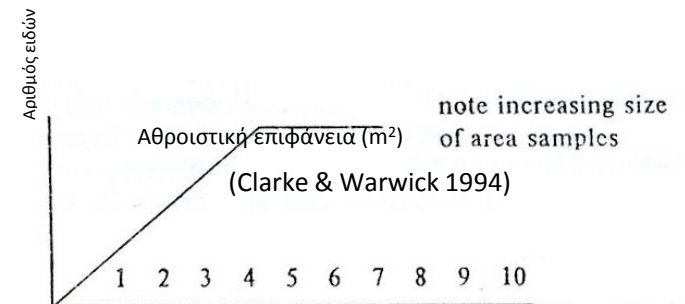
### 2. Βιοποικιλότητα (Συνολικός αριθμός ειδών):

Άξονας X = το μέγεθος από τις διαφορετικές δειγματοληπτικές μονάδες ή η αθροιστική τους επιφάνεια

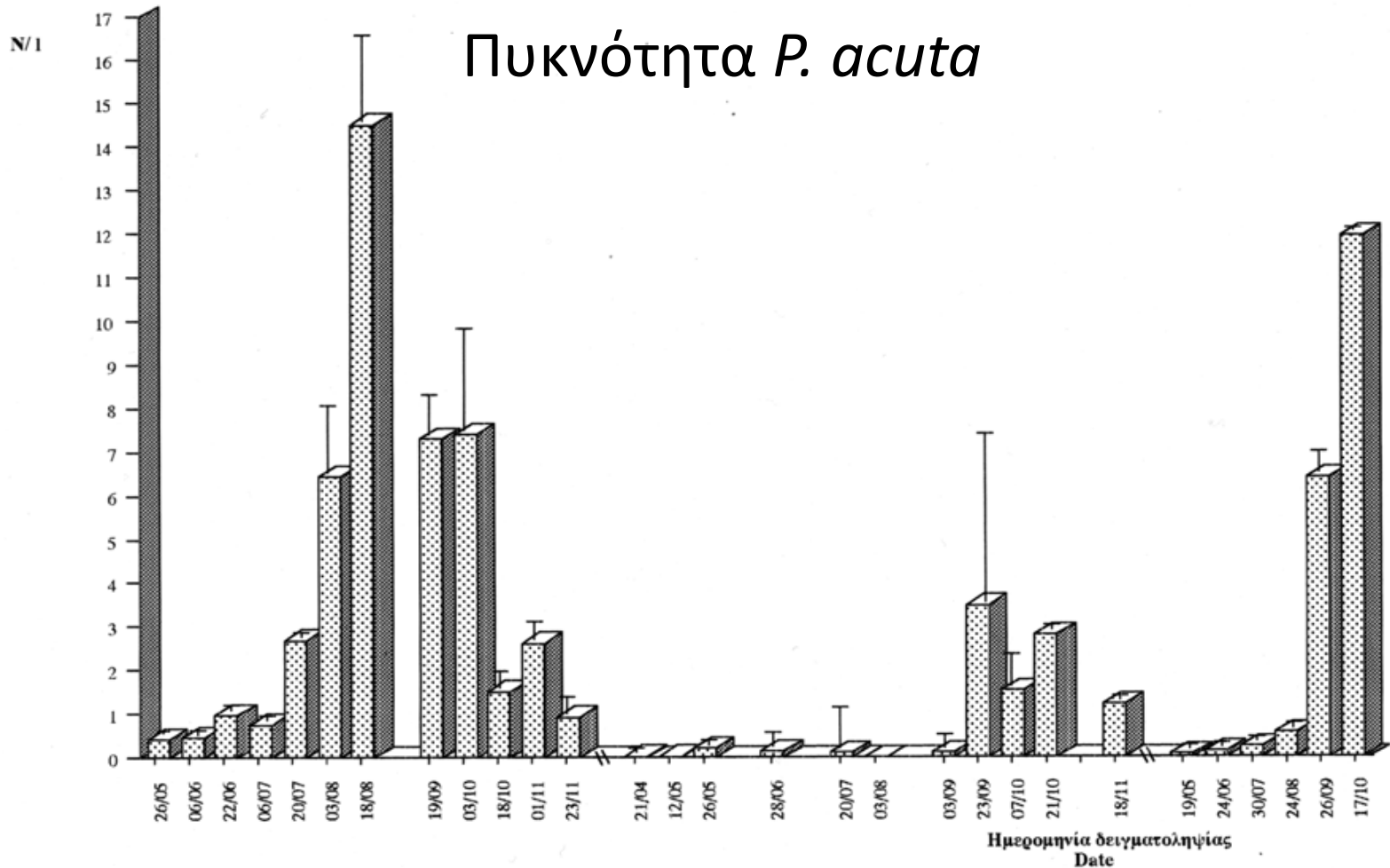
Άξονας Y = ο συνολικός αριθμός από όλα τα είδη/δειγματοληπτική μονάδα συγκεκριμένου μεγέθους

Η καλύτερη δειγματοληπτική μονάδα είναι η μικρότερη με

το μεγαλύτερο όμως αριθμό ζώων



# Δειγματοληψίες



(Χατζηγιάννου, 2002)



# Δειγματοληψίες

## Εύρος κλάσης ιστογράμματος (Goulden, 1952)

$$\text{Εύρος κλάσης} = a / b * 1 / 4$$

όπου,  $a$  = τιμή  $\max$  - τιμή  $\min$  (άξονας  $X$ )

$b$  = τιμές εύρους /  $\sigma$  για κάποιο αριθμό  $\delta$  μονάδων  $N$

### Παράδειγμα

$$N = 810 \rightarrow b = 6,3 \text{ (από πίνακα)}$$

$$a = 17 - 4 = 13$$

$$\text{Εύρος κλάσης} = (13/6,3) * (1/4)$$

$$= 2,06 * (1/4)$$

$$= 0,5 \rightarrow 1$$

(ισούται πάντα με τον περιττό  
αμέσως μεγαλύτερο αριθμό)

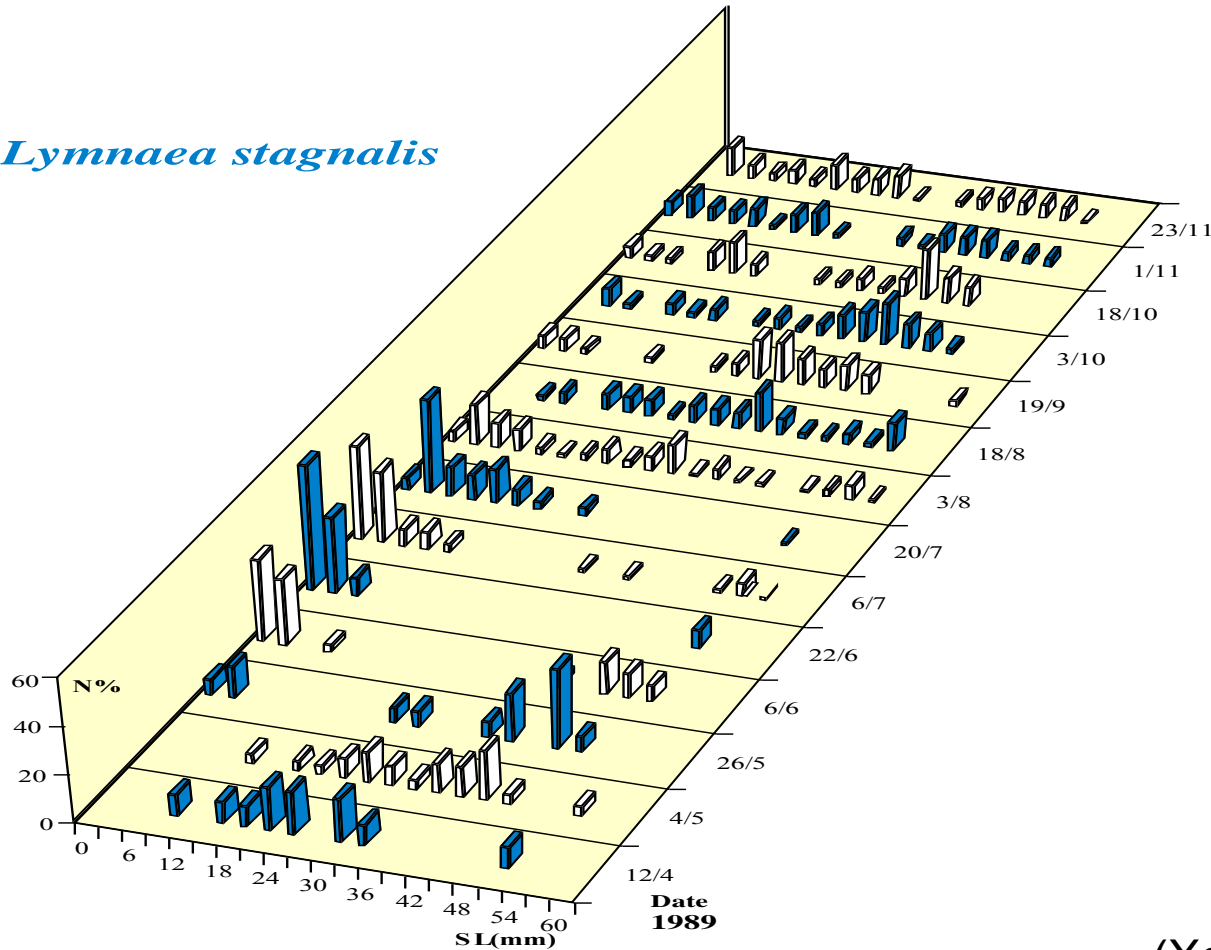
Τιμές εύρους διαιρούμενες από την  
τυπική απόκλιση για αριθμό δειγμάτων  
( $N$ ) από 20 έως 1000.

<u>N</u>	<u>Εύρος / <math>\sigma</math></u>	<u>N</u>	<u>Εύρος / <math>\sigma</math></u>
20	3,7	300	5,8
30	4,1	400	5,9
50	4,5	500	6,1
75	4,8	700	6,3
100	5,0	1000	6,5
105	5,3		
200	5,5		



# Δειγματοληψίες

*Lymnaea stagnalis*



(Χατζηιωάννου, 2002)





# Στατιστικές Κατανομές

- Μία μεταβλητή μπορεί να είναι **συνεχής** (ύψη, μήκη, βάρη ζώων κλπ.) ή **ασυνεχής** (μετρήματα)
- **Οι στατιστικές κατανομές που υπάρχουν είναι:**
  - ✓ Κανονική (leptocurtic ή platycurtic)
  - ✓ T-κατανομή
  - ✓ Poisson ( $\sigma^2 = \mu$ ) συνήθως skewed to the right
  - ✓  $\chi^2$ -κατανομή skewed to the right
  - ✓ Bimodal (δικόρυφη)
  - ✓ Polymodal ή multimodal (πολυκόρυφη)



# Στατιστικές Κατανομές

- Η κατανομή ενός Πληθυσμού στο χώρο (οικολογική έννοια) μπορεί να περιγραφεί με μαθηματικούς όρους.
- Τα λάθη των πληθυσμιακών παραμέτρων μπορούν να υπολογιστούν.
- Οι διαφορές στις πυκνότητες στο χρόνο & στο χώρο μπορούν να συγκριθούν.
- Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραμέτρων μπορούν να εκτιμηθούν.

Κατανομή Poisson      Θετική Διωνυμική      Αρνητική διωνυμική

$$\sigma^2 = \mu$$

**ΤΥΧΑΙΑ**

$$\sigma^2 < \mu$$

**ΚΑΝΟΝΙΚΗ**

$$\sigma^2 > \mu$$

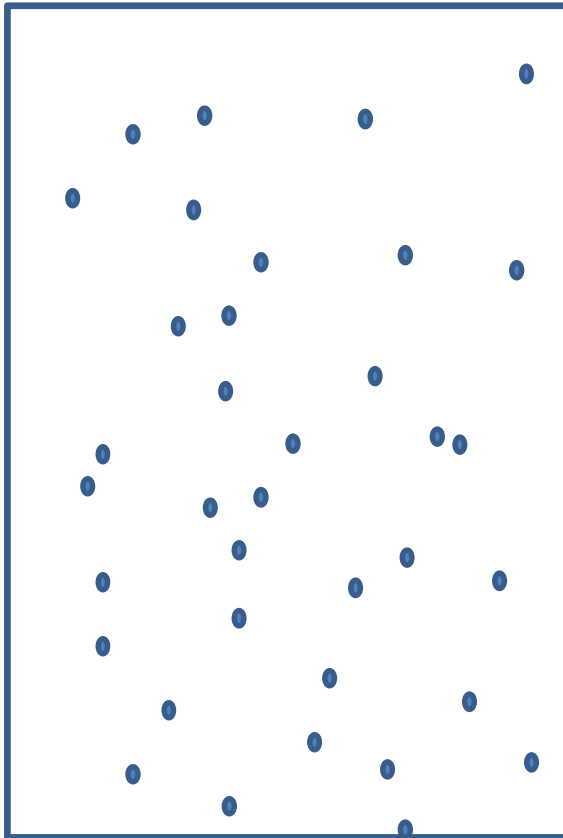
**ΚΑΤΑ ΟΜΑΔΕΣ**

- A ( $s^2 \approx x$ ) → Κατανομή τυχαία
- B ( $s^2 > x$ ) → Κατανομή κατά ομάδες
- Γ ( $s^2 < x$ ) → Κατανομή κανονική (αυτό το τελευταίο παρατηρείται λιγότερο όταν οι ομάδες είναι τυχαία ή κατά ομάδες κατανεμημένες)

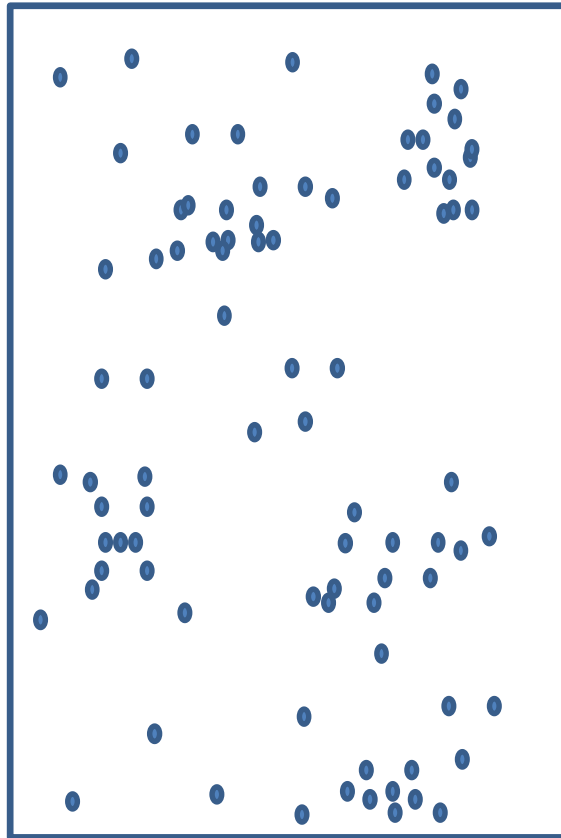


# Στατιστικές Κατανομές

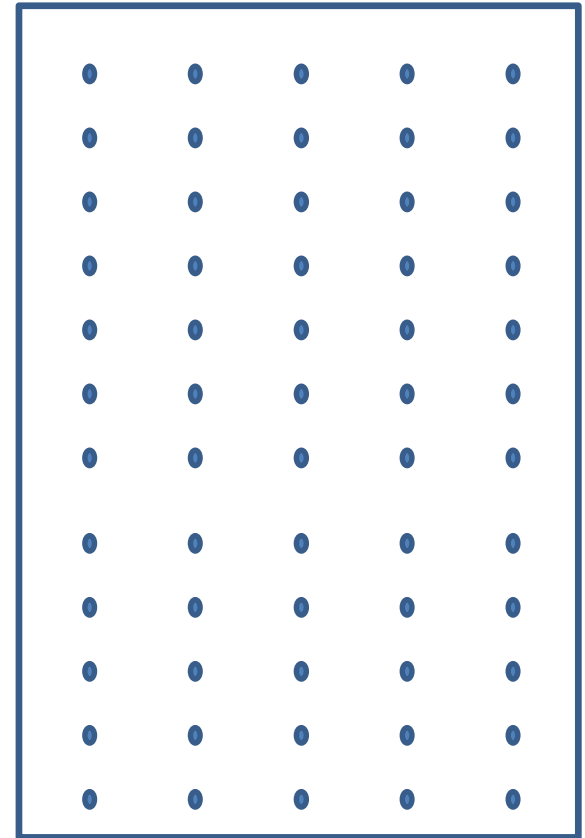
- Τύποι κατανομών



Τυχαία



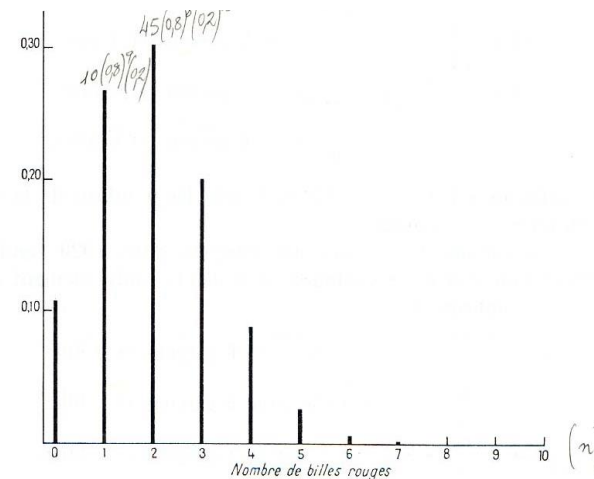
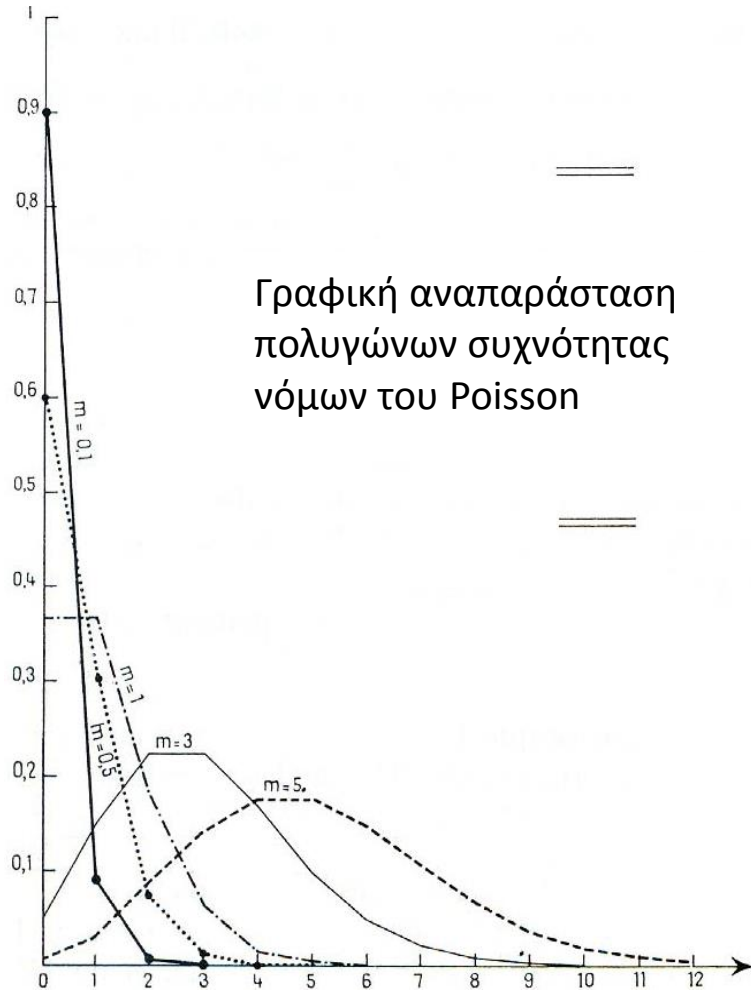
Κατά ομάδες



Κανονική



# Στατιστικές Κατανομές

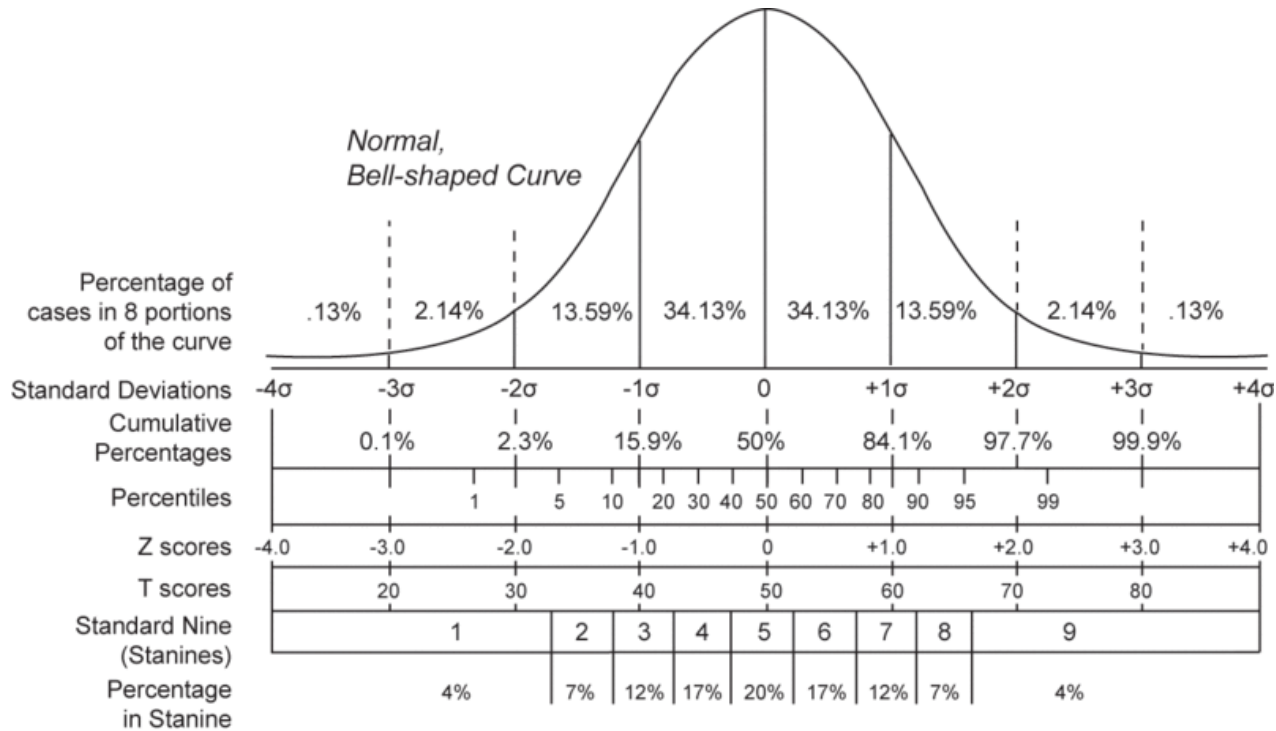


Διωνυμική κατανομή σχετικών συχνοτήτων  
10 διαφορετικών τύπων δείγματος

Lamotte M. (1971)



# Στατιστικές Κατανομές



Διάγραμμα σύγκρισης υπολογιστικών μεθόδων σε κανονική κατανομή. Περιλαμβάνει τυπικές αποκλίσεις, αθροιστικά ποσοστά, ισοδύναμα εκατοστημορίων, Z-scores, T-scores, πρότυπη κλίμακα εννέα σημείων (standard nine or stanine, με μέσο όρο το πέντε και τυπική απόκλιση το δύο) και το ποσοστό τους.

Source: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Normal\\_distribution\\_and\\_scales.gif](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Normal_distribution_and_scales.gif) Maksim 2006, in the public domain



# Στατιστικές Κατανομές

## Δείκτες Κατανομής

Ιδανικός δείκτης κατανομής πληθυσμού θα πρέπει να:

- ✓ Προσδίδει πραγματικές & συνεχείς τιμές για όλο το εύρος από τη μέγιστη κανονική κατανομή, στην τυχαία & τέλος στη μέγιστη κατά ομάδες κατανομή.
- ✓ Μην επηρεάζεται από τη διαφορά μεγέθους της δειγμ. μονάδας, τον ολικό αριθμό των δειγμάτων (n), το μέσο όρο των ζώων/ δείγμα (μ) & τον ολικό αριθμό των ζώων (Σx).
- ✓ Υπολογίζεται εύκολα από μεγάλο αριθμό δεδομένων.
- ✓ Επιτρέπει τον έλεγχο της στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των δειγμάτων.
  - Δεν υπάρχει όμως **κανείς δείκτης τέλειος** που να εκπληρώνει όλες τις παραπάνω συνθήκες. Επιπλέον εξαρτάται από την ομοιογένεια ή ανομοιογένεια του πεδίου (διαφορική θήρευση, λείες ή ανώμαλες επιφάνειες υποστρώματος) ή τη συμπεριφορά των ζώων (π.χ. συνάθροιση κατά το ζευγάρισμα)



# Στατιστικές Κατανομές

## Δείκτες Κατανομής

### Δείκτης της σχετικής διακύμανσης

$\lambda^2 = s^2 / \mu$        $\lambda^2 = 1 \rightarrow$  Poisson  $\rightarrow$  τυχαία κατανομή

$\lambda^2 < 1 \rightarrow$  θετική διωνυμική  $\rightarrow$  κανονική κατανομή

$\lambda^2 > 1 \rightarrow$  αρνητική διωνυμική  $\rightarrow$  κατά ομάδες

Ο έλεγχος γίνεται με τη μέθοδο του:

$$\chi^2 = \sigma^2 (n-1) / \bar{x}$$

Παρόμοιοι δείκτες είναι οι παρακάτω:

	Max Κανονική	Τυχαία	Max καθ' ομάδες
$(s^2 / \mu )-1$ (David & Moore, 1954)	-1	0	$\Sigma\chi -1$
$s^2 / \nu\mu$ (Index of Lexis)	0	1	$\nu\Sigma\chi$
$[(s^2 / \mu -1) / [\Sigma\chi -1]]$ (Green,1966)	$-1 / [\Sigma\chi-1]$	0	1



# Στατιστικές Κατανομές

## Δείκτες Κατανομής

- Οι παραπάνω όμως δείκτες επηρεάζονται πάρα πολύ από τον **αριθμό των ατόμων που υπάρχουν σε ένα δείγμα** ( $\Sigma x = nx$ ).
- Επομένως μπορεί να χρησιμοποιηθούν μόνο για συγκρίσεις όταν το  $\Sigma x$ ,  $x$  &  $n$  έχουν τις ίδιες τιμές σε κάθε δείγμα.
- Ο τελευταίος δείκτης του Green είναι ανεξάρτητος από τις τιμές  $\mu$ ,  $\Sigma x$  & είναι κατάλληλος για συγκρίσεις κατανομής κατά ομάδες . Ο ίδιος όμως καταλήγει ότι οι δείκτες αυτοί δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν  $n < 50$ .





# Στατιστικές Κατανομές

## Δείκτες Κατανομής

### Άλλοι δείκτες

- Δείκτης **Morosita**

$$I_d = n [\Sigma(x^2) - \Sigma x] / [(\Sigma x)^2 - \Sigma x]$$

$I_d > 1 \rightarrow$  κατά ομάδες &  $I_d = 1 \rightarrow$  τυχαία

Δεν επηρεάζεται από το μέγεθος των δειγματοληπτικών μονάδων όταν η κατανομή είναι κανονική

- Δείκτης του **Lloyd**

Προσδιορίζει το μέσο αριθμό του κάθε ατόμου σε σχέση με τα άλλα άτομα στην ίδια δειγματοληπτική μονάδα

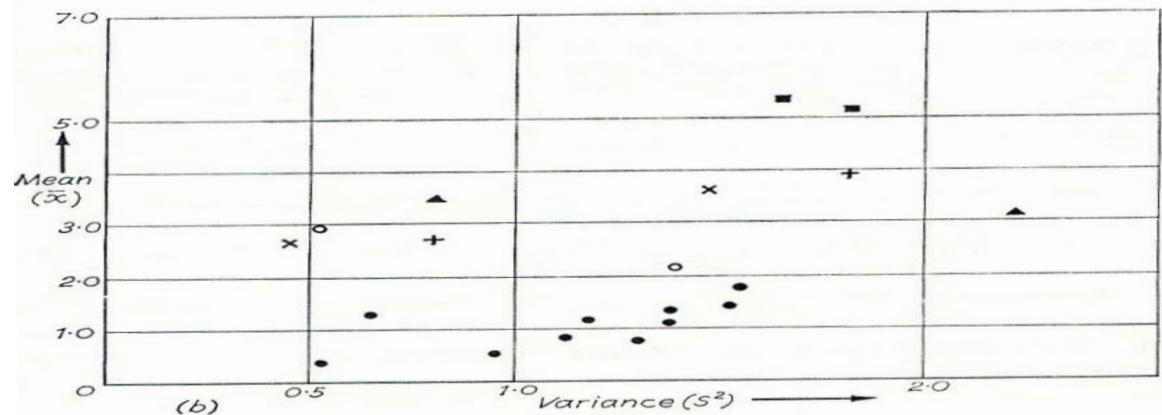
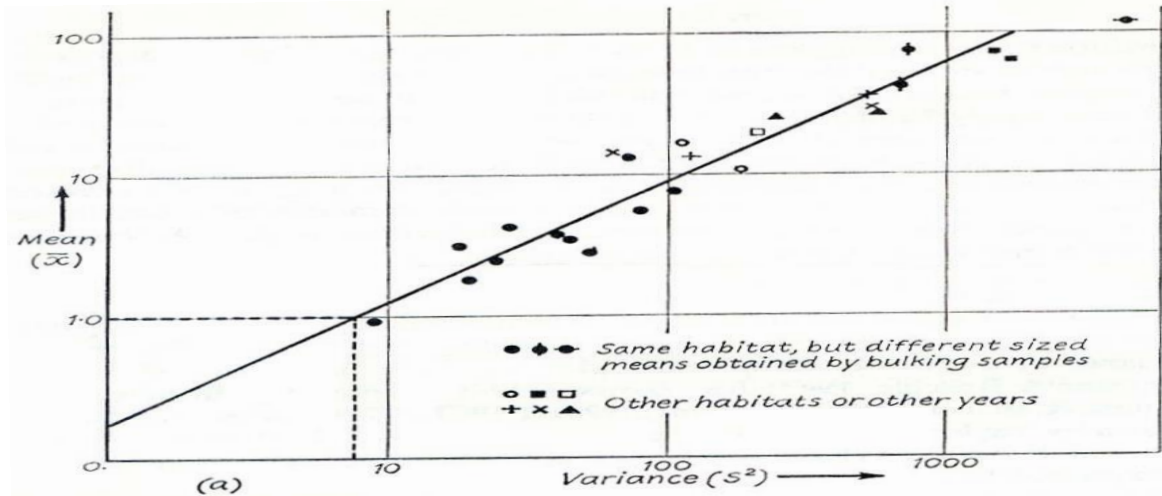


# Στατιστικές Κατανομές

Δείκτες  
Κατανομής

Δείκτης του Taylor

(Μέση κατανομή  
πληθυσμού ενός  
είδους από μηνιαίες  
δειγματοληψίες στη  
διάρκεια ενός  
χρόνου)



Γραφική παράσταση της διακύμανσης έναντι στο μέσο όρο σε μια log/log κλίμακα για να βρεθεί η σταθερά  $\alpha$  του δείκτη του Taylor



# Στατιστικές Κατανομές

## Δειγματοληπτικό σφάλμα (D)

Οι παρακάτω κατανομές ταιριάζουν ως μοντέλα για τις τρεις δυνατές σχέσεις μεταξύ της διακύμανσης ( $s^2$ ) & του αριθμητικού μέσου ( $\mu$ ) ενός πληθυσμού.

Εάν είναι γνωστό ότι το δείγμα προέρχεται από κατανομή Poisson τότε:

$$D = (1/\bar{x}) \sqrt{(\bar{x}/n)}$$

όπου  $n$  = το σύνολο του δείγματος

Η **ακρίβεια** εξαρτάται από τον τελικό ολικό αριθμό ζώων στο δείγμα & όχι από το μέγεθος του δείγματος.



# Στατιστικές Κατανομές

## Δειγματοληπτικό σφάλμα (D)

Εάν ακολουθείται αρνητική δυωνυμική

$$D = v\left(\frac{1}{n} \bar{x} + 1/nk\right)$$

$$n = (1/\bar{x} - 1/k) \text{ για } 20\%$$

Το k υπολογίζεται περίπου μία φορά & προσδιορίζεται ο βέλτιστος αριθμός δειγμάτων.

Ο γενικός όμως τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις υποθέτοντας κανονική κατανομή  $\rightarrow n = 25\sigma^2 / \bar{x}^2$  για δειγματοληπτικό σφάλμα 20% :  $D = 1/\bar{x} * \sqrt{(\sigma^2 / n)}$

**Αριθμός δειγμάτων είναι μια συμβιβαστική λύση μεταξύ στατιστικής ακρίβειας & ανθρωποωρών.**

Για την κατασκευή πινάκων ζωής το  $D \approx 10\%$  (χωρίς μηδενικές)

- Όταν υπάρχει ανομοιογένεια θα πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά το λάθος για κάθε "ομοιογενή δειγματοληπτικό χώρο".



# Στατιστικές Κατανομές

## Όρια Εμπιστοσύνης

Ο μέσος όρος ενός δείγματος ή δειγματοληπτικός μέσος ( $\bar{x}$ ) χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της μέσης τιμής του πληθυσμού & ο τελευταίος στην εκτίμηση του ολικού αριθμού των ζώων (του είδους) στην περιοχή μελέτης. Τα λάθη των εκτιμήσεων συνήθως εκφράζονται με όρια εμπιστοσύνης που δηλώνουν το εύρος στο οποίο βρίσκεται η μέση τιμή του πληθυσμού ( $1-p = 0.95$ ).



# Στατιστικές Κατανομές

## Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Ο μέσος όρος ενός δείγματος χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της μέσης τιμής του πληθυσμού & ο τελευταίος στην εκτίμηση του ολικού αριθμού των ασπονδύλων (του είδους) στην ολική περιοχή. Τα λάθη των εκτιμήσεων συνήθως εκφράζονται με διαστήματα εμπιστοσύνης που δηλώνουν το εύρος στο οποίο βρίσκεται η μέση τιμή του πληθυσμού ( $1-p = 0.95$ ).

- βασισμένο σε t-κατανομή με γνωστό  $\sigma$ , το 95% των διαστημάτων εμπιστοσύνης δίνεται από τη σχέση:

$$\bar{X} - 1,96\sigma/\sqrt{n} \leq \mu \leq \bar{X} + 1,96\sigma/\sqrt{n}$$

- ✓ 95% δ.ε. σημαίνει ότι η μέσης τιμή θα βρίσκεται εντός των ορίων του διαστήματος με πιθανότητα 95%
- Αντικαθιστώντας το  $\sigma$  με  $s$  αλλάζει το 1,96 με  $t_{0,025}$  που λαμβάνει τιμές ανάλογα με το πλήθος των βαθμών ελευθερίας αν το μέγεθος δείγματος  $\geq 30$

$$\bar{X} - t_{0,025}s/\sqrt{n} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{0,025}s/\sqrt{n}$$



# Ροή Ενέργειας

**Ροή ενέργειας (Energy Flow, dB/dt):** αναφέρεται στους ρυθμούς μεταβολής της βιομάζας & διαιρείται σε έναν αριθμό χωριστών διεργασιών που μαζί συνιστούν τη συνολική μεταφορά της ύλης ή της ενέργειας μέσα & έξω από τον οργανισμό, τον πληθυσμό ή το οικοσύστημα (Crisp, 1984).

Η ροή ενέργειας αναφέρεται στους ρυθμούς αλλαγής της βιομάζας. Διαιρείται σε έναν αριθμό ξεχωριστών διαδικασιών οι οποίες συνιστούν το πέρασμα της ύλης ή της ενέργειας σε έναν οργανισμό, πληθυσμό ή οικοσύστημα.

Οι παράμετροι & τα σύμβολα των συστατικών της ροής ενέργειας για τους ετερότροφους οργανισμούς είναι τα παρακάτω:

- **Consumption (C):** Συνολική εισαγωγή τροφής ή ενέργειας.
- **Faeces (F):** Το κομμάτι της κατανάλωσης που δεν απορροφάται αλλά αποβάλλεται ως περιττώματα.



# Ροή Ενέργειας

- **Absorption (Ab):** Το κομμάτι της καταναλισκόμενης ενέργειας το οποίο δεν αποβάλλεται ως περιττώματα.
- **Excreta (U):** Το κομμάτι της κατανάλωσης το οποίο αφομοιώνεται & αργότερα αποβάλλεται από το σώμα, συνήθως σε μη χρήσιμη μορφή, για παράδειγμα ουρία. Πολλοί οργανισμοί παράγουν ένα σύνολο εκκριμάτων, τα οποία, με εξαίρεση τα προϊόντα των γονάδων θεωρούνται ως μέρος των απεκκριμάτων. Το άθροισμα των διαδικασιών F+U μερικές φορές αναφέρεται ως *rejecta*.
- **Assimilation (A):** Η κατανάλωση που αφομοιώνεται & χρησιμοποιείται για την παραγωγή & αναπνοή.
- **Production (P):** Η αφομοιωμένη τροφή ή ενέργεια η οποία διατηρείται & μετατρέπεται σε βιομάζα του οργανισμού, εξαιρώντας τους γαμέτες που απελευθερώνονται από τον οργανισμό.





# Ροή Ενέργειας

- **Respiration (R):** Το κομμάτι της αφομοιούμενης ενέργειας το οποίο μετατρέπεται σε θερμότητα είτε άμεσα είτε έμμεσα.
- **Gonad output (G):** Το κομμάτι της αφομοιούμενης ενέργειας το οποίο απελευθερώνεται με τη μορφή γαμετών. Εξαιτίας της μεγάλης σημασίας του στην επιβίωση & την είσοδο νεαρών ατόμων το κομμάτι αυτό της ροής ενέργειας διαχωρίζεται από τα *excreta (U)* & την *production (P)*.



# Βασικές έννοιες

- **ΒΙΟΜΑΖΑ**

η μάζα των οργανισμών σε μια μονάδα επιφάνειας ή όγκου σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή

- **ΠΑΡΑΓΩΓΗ**

η μεταβολή της βιομάζας στο χρόνο

- **ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ρυθμοί μεταβολής της βιομάζας



# Ροή Ενέργειας

## Ενεργειακό Ισοζύγιο (Energy Budget)

Βάσει της αρχή διατήρησης ενέργειας προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$\text{Consumption, } C = P + R + G + U + F \quad (1)$$

$$\text{Absorption, } Ab = C - F = P + R + G + U \quad (2)$$

$$\text{Assimilation, } A = P + R + G \quad (3)$$

Η εξίσωση για το συνολικό Ενεργειακό Ισοζύγιο:

$$C = P + R + G + U + F$$

μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα άτομο, αλλά με μεγάλη δυσκολία σε έναν πληθυσμό ενός είδους ο οποίος βρίσκεται σε ένα δεδομένο τροφικό επίπεδο ή στο σύνολο των οργανισμών που συνιστούν ένα οικοσύστημα



# Ροή Ενέργειας

## Συντελεστές

Από ενεργειακής πλευράς σημαντικό ρόλο στην εκτίμηση της παραγωγής διαδραματίζουν ορισμένοι συντελεστές όπως:

- $P/A$ = συντελεστής οικολογικής αποτελεσματικότητας
- $P/C$ = οικολογική αποτελεσματικότητα
- $A/C$ = ικανότητα εντέρου για αφομοίωση
- $P/=$  ικανότητα ανανέωσης ενός πληθυσμού
- $B/P$ = χρόνος αναπαραγωγής
- $P/I$ = συντελεστής ικανότητας αύξησης κ.τ.λ.



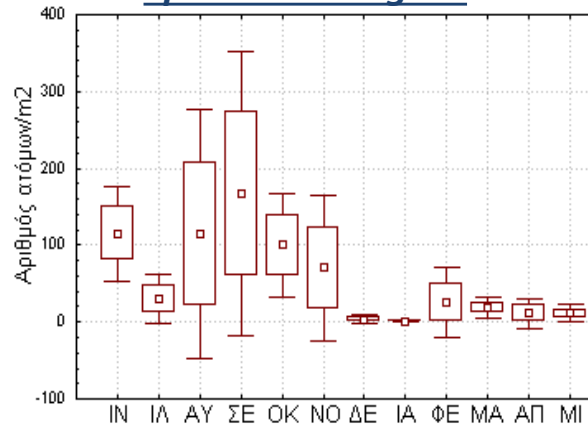
# Βιομάζα

## Ανάλυση ως προς τη μέγιστη βιομάζα & πυκνότητα στα Εφημερόπτερα

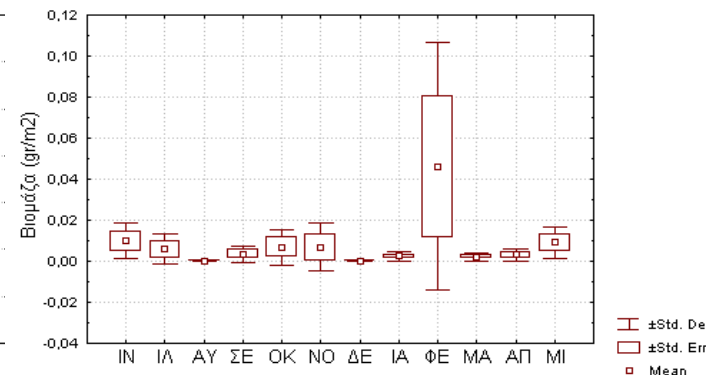
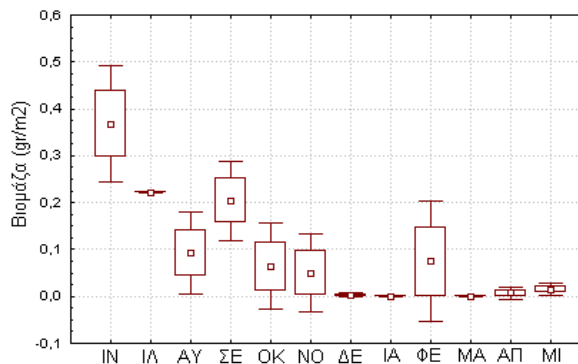
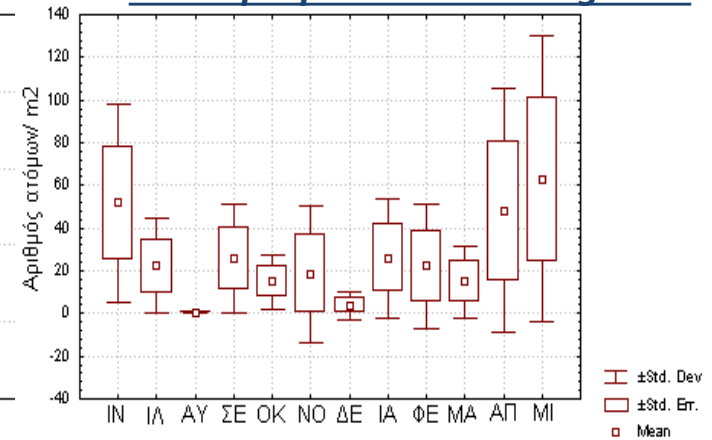
**8A**

Μέγιστη Βιομάζα  
3 μήνες πριν τη  
μέγιστη  
Πυκνότητα  
(Σγουριδής, 2002)

*Ephemera vulgata*



*Paraleptophlebia submarginata*



# Παραγωγή

- Κάθε εκτίμηση της παραγωγής απαιτεί **ποσοτικά δεδομένα** που αφορούν στην αύξηση, στη διάρκεια της ανάπτυξης των διαφόρων σταδίων, στη γονιμότητα & στο πώς αυτές οι ιδιότητες των οργανισμών επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Winberg, 1971).
- Οι ερευνητές πρέπει πάντα να έχουν υπόψη τους (Winberg, 1971), ότι οι εκτιμήσεις της παραγωγής είναι ρεαλιστικές όταν βασίζονται σε καλά ποσοτικά δεδομένα της αφθονίας & της βιομάζας των πληθυσμών των ειδών.



# Παραγωγή

## Τρόποι υπολογισμού της παραγωγής

- Οι φυσικοί πληθυσμοί είναι ανοικτά συστήματα που πλησιάζουν μια σταθερή κατάσταση, ισορροπία που διατηρείται μεταξύ της ενέργειας που κερδίζεται από το περιβάλλον & των απαραίτητων καταβολικών καταναλώσεων ενέργειας που αποτελούν τη ζωή την αύξηση & την αναπαραγωγή.
- Για τον υπολογισμό των διάφορων σταδίων ως προς την ενέργεια που απαιτούν & ξοδεύουν οι οργανισμοί πρέπει να γίνουν **μηνιαίες δειγματοληψίες & θερμοδομετρικοί προσδιορισμοί** (μετά την αφαίρεση της στάκτης) που είναι χρονοβόροι.
- Για να πλησιάσουμε την πραγματική τιμή της **βιομάζας** είναι καλύτερα οι υπολογισμοί να είναι **σε ξηρό βάρος** (στεγνώνουμε το σώμα στους 55°C έως ότου το βάρος σταθεροποιηθεί).
- Μπορούμε να εκφράσουμε τη βιομάζα και **σε ολικό οργανικό άνθρακα**.
- Σε **άζωτο** γίνονται υπολογισμοί αν υποθέσουμε ότι το περιεχόμενο N είναι ανάλογο της ποσότητας της ζώσης ύλης.



# Παραγωγή

## Τρόποι υπολογισμού του αζώτου και του άνθρακα

- Ο υπολογισμός του **ολικού αζώτου** με τον αναλυτή Coleman μας επιτρέπει τον υπολογισμό των ημερήσιων ή μηνιαίων μεταβολών του **N** οπότε αν είναι γνωστή η ποσότητα του άνθρακα **είναι γνωστή & η σχέση C : N** . Ο υπολογισμός του λόγου αυτού γίνεται ανά εποχή & ανάλογα με τη φυσιολογική κατάσταση του ζώου.
- Ο υπολογισμός **σε ολικό οργανικό άνθρακα γίνεται** π.χ. με την κλασσική μέθοδο της υγρής οξείδωσης.





# Παραγωγή

## Τρόποι υπολογισμού λιπών, πρωτεϊνών & υδατανθράκων

- Ανάλυση λιπών, πρωτεϊνών & υδατανθράκων γίνεται σε εμπορικά είδη (επειδή είναι γνωστή η θερμική τους αξία) Συνήθως τα πρώτα εκφράζονται ως  $\text{mgC}/\text{m}^2$  or / volume ή σε ξηρό βάρος ή ως  $\text{Kcal} / \text{m}^2$  or / volume (άνευ στάκτης).
- Για τους **μη θαλάσσιους οργανισμούς** ισχύει η σχέση  
 $10,94 \text{ KC/gC} \rightarrow 100 \text{ mgC}/\text{m}^2 \rightarrow 1,09 \text{ Kcal} / \text{m}^2 \rightarrow$  ή  $4,58 \text{ KJ} / \text{m}^2$ .
- Για τον υπολογισμό του **ρυθμού παραγωγικότητας** ισχύει  $\text{mgC} / \text{m}^2 * \text{ημέρα ή χρονιά}$ . Για τον υπολογισμό αυτό χρειάζονται συνεχείς δειγματοληψίες πεδίου.



# Παραγωγή

## Προσεγγίσεις μέτρησης δευτερεύουσας παραγωγής

Βάση ρυθμού αύξησης

(growth rate)



Απαιτείται γνώση των ρυθμών αύξησης & του αριθμού των ατόμων που επιβιώνουν σε κάθε  $\Delta t$

Βάση ρυθμού θνησιμότητας

(mortality rate)



Απαιτείται γνώση του ρυθμού θνησιμότητας & του βάρους κάθε ατόμου σε κάθε  $\Delta t$



# Παραγωγή

## Μέθοδοι εκτίμησης παραγωγής

- Μέθοδος Συχνότητας Μεγεθών [Size Frequency (Hynes)]

Μέτρηση της συνολικής δευτερογενούς παραγωγής ενός πληθυσμού ζώων (όχι μόνο των βενθικών μακροασπονδύλων) που πρέπει να υπολογιστούν ξεχωριστά το καθένα.

$$P = \alpha \left[ \sum_{j=1}^{a-1} \frac{n_j - n_{j+1}}{(W_j)} (w_j - w_{j+1})^{0.5} + n_a \times \overline{W}_a \right] \frac{365}{CPI}$$

(Krueger & Martin, 1980)



# Παραγωγή

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3** . Υπολογισμός της παραγωγής της *P. acuta* με τη μέθοδο της συχνότητας μεγεθών. Ετήσια παραγωγή που υπολογίστηκε με βάση τα δείγματα που ελήφθησαν με τη χρήση του ποσοτικού δειγματολήπτη σε χρονικό διάστημα 365 ημερών από τον Απρίλιο 1989 έως τον Απρίλιο 1990. Όπου  $n_j$  : αριθμός σαλιγκαριών στην κλάση μεγέθους  $j$  ανά 8.31 l νερού,  $U_{n_j}$  : διακύμανση του  $n_j$  ,  $B' = n_j \times W_j$  (όπου  $W_j$  : ξηρό βάρος σώματος και οργανικού υλικού κελύφους στην κλάση μεγέθους  $j$ , σε mg),  $a$ : αριθμός των κλάσεων μεγέθους,  $CPI$  : διάρκεια γενιάς,  $N$  = μέση ετήσια πυκνότητα,  $B$ : μέση ετήσια βιομάζα,  $P$ : μέση ετήσια παραγωγή γενιάς,  $U(P)$  : διακύμανση του  $P$  .

a (SL mm)	$n_j / 8.31$	$U_{n_j}$	$n_j - n_{j+1}$	B	P'
0.8-0.99	0.09	0.03	-0.61	0.0007	-0.02
1-1.99	0.70	0.22	-0.61	0.09	-0.15
2-2.99	1.31	0.43	-0.66	0.60	-0.47
3-3.99	1.98	1.71	0.36	2.11	0.53
4-4.99	1.61	1.05	-0.35	3.23	-0.80
5-5.99	1.97	1.22	-0.12	5.04	-0.41
6-6.99	2.09	1.72	0.03	8.63	0.15
7-7.99	2.06	1.07	0.65	12.78	4.81
8-8.99	1.41	0.44	0.25	12.50	2.64
9-9.99	1.16	0.58	0.35	14.06	4.84
10-10.99	0.81	0.27	0.43	13.11	7.87
11-11.99	0.38	0.06	0.25	8.02	5.91
12-12.99	0.13	0.02	0.11	3.51	3.33
13-13.99	0.02	0.0005	0.004	0.66	0.14
14-14.99	0.02	0.0004	0.02	0.66	0.66
	15.74		0.004	85.01	29.04

$a = 15$

$CPI = 135$  μέρες

$N = 15.74 / 8.31$

$\Sigma P' = 29.06 \text{ mg}/8.31 \text{ l}$  ή  $3.50 \text{ mg} / \text{l}$  σε 365 ημέρες

$B = 85.01 \text{ mg} / 8.31 \text{ l}$  ή  $10.24 \text{ mg} / \text{l}$

$P = a \times \Sigma P' \times 365 / CPI = 141.91 \text{ mg} / \text{l}$  σε 135 ημέρες

$U(P) = 6.671.25$

Διάστημα εμπιστοσύνης του  $P$  .  $P \pm 2 [ U(P) ]^2 = 141.91 \pm 163.36$

Ετήσια ικανότητα ανανέωσης βιομάζας (annual turnover ratio).  $P / B = 13.86$

Χρόνος ανανέωσης βιομάζας (Turnover time) = 9.75 ημέρες

(Χατζηιωάννου, 2002)



# Παραγωγικότητα

- Είναι ουσιαστική η διάκριση ανάμεσα στην παραγωγικότητα, που μπορεί να οριστεί ως ο ρυθμός παραγωγής οργανικής ύλης & στην υπάρχουσα βιομάζα από άτομα ενός είδους ή μιας βιοκοινότητας σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή μιας δειγματοληπτικής επιφάνειας (Crisp, 1984)
- Οι Crisp (1984) & Winberg (1971) τονίζουν ότι ο όρος παραγωγικότητα ενός οικοσυστήματος θα ήταν χρήσιμο να διατηρηθεί ως ο πιθανός ρυθμός παραγωγής κάτω από ιδανικές ή δεδομένες συνθήκες (π.χ. ένα οικοσύστημα με ιδανικές συνθήκες θερμοκρασίας & άλλων φυσικο-χημικών παραμέτρων κ.τ.λ), ενώ ο όρος παραγωγή ως ο πραγματικός ρυθμός ενσωμάτωσης της οργανικής ύλης & ενέργειας (Crisp 1984) κάτω από τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες σε μικρότερο βάθος χρόνου (π.χ. μεταβολή βιομάζας μέσα σε ένα μήνα)
- Η εκτίμηση της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων γίνεται κυρίως με μοντέλα, η κατασκευή των οποίων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την ποσοτική μελέτη των κανονικών προτύπων (normal patterns) της βιολογικής παραγωγικότητας (Winberg, 1971)



# Διαταραχές – ABC μέθοδος

Διαταραχές στα ποτάμια οικοσυστήματα με βάση τα βενθικά μακροασπόνδυλα

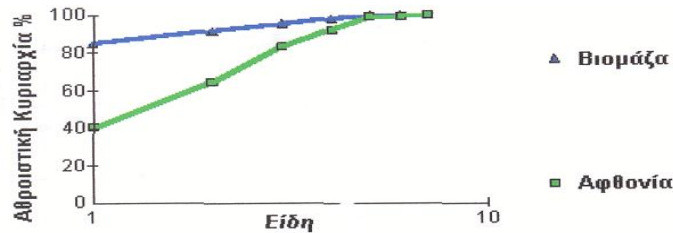
## Μέθοδος ABC (ABUNDANCE/BIOMASS COMPARISON)

Περιλαμβάνει την απεικόνιση χωριστών καμπύλων k-κυριαρχίας για την αφθονία & τη βιομάζα των ειδών στο ίδιο γράφημα & σύγκριση της μορφής αυτών

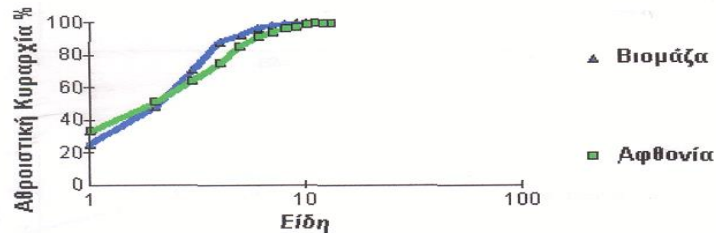
Προσδιορίζει επίπεδα διαταραχής που μπορεί να οφείλονται σε ρύπανση ή σε άλλα αίτια



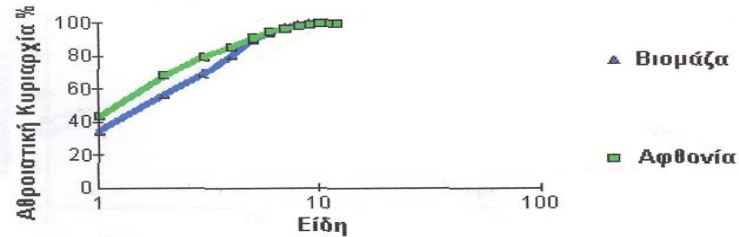
# Διαταραχές – ABC μέθοδος



**Διάγραμμα 6** : Σύγκριση Βιομάζας- Αφθονίας των 13 ειδών των Εφημεροπτέρων στο σταθμό 8Α από τον Ιούνιο 2000- Μάιο 2001.



**Διάγραμμα 7** : Σύγκριση Βιομάζας- Αφθονίας των 13 ειδών των Εφημεροπτέρων στη θέση Ανάντη του ρέματος Καριτσιώτη από τον Ιούνιο 2000- Μάιο 2001.



**Διάγραμμα 8** : Σύγκριση Βιομάζας- Αφθονίας των 13 ειδών των Εφημεροπτέρων στη θέση Κατάντη του ρέματος Καριτσιώτη από τον Ιούνιο 2000- Μάιο 2001.

(Σγουρίδης, 2002)



# Βιβλιογραφία

- Allen, K.R., 1950. The computation of production in fish population. New Zealand Science Review, stated in Holme N.A. & McIntyre A.D. [Eds] Methods for the study of marine benthos, p.164-165.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 1994. Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and Interpretation. Natural Environmental Research Council, UK, p.144.
- Crisp, D.J., 1984. Energy flow measurements, stated in Holme N.A. & McIntyre A.D. [Eds] Methods for the study of marine benthos, p.284-372.
- David, F. N. and Moore, P. G. (1954) Notes on contagious distributions in plant populations. *Ann. Bot.* 18, 47-53.
- Goulden, C.H., 1952. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*, 53: 325-338
- Green, R.H. (1966) Measurement of non-randomness in spatial distributions. *Res Pop Ecol* 8:1-7
- Krueger, C.C. & Martin, F.B., 1980. Computation of confidence intervals for the size-frequency (Hynes) method of estimating secondary production, *Limnol. Oceanogr.*, 25(4), p.773-777.
- Lamotte M. (1971) Initiation aux Méthodes Statistiques en Biologie. Masson & Cie, Éditeurs**
- Lloyd M (1967) Mean crowding. *J Anim Ecol* 36: 1-30
- Padisak Judit, 1991. Relative frequency, seasonal pattern and possible role of species rare in. phytoplankton in a large shallow lake (Lake Balaton, Hungary). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24, 989 – 992.
- Healey, M.J.R. (1962). Some basic statistical techniques in soil zoology. In Murohy, P.W. (ed) “Progress in soil zoology”: 3-9
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1981. Taxonomic congruence in the Leptopodomorpha re-examined. *Systematic Zool.*, 30:309-325. (And 1981, *IBM Watson Research Center. RC no. 8624, 31 pp.*)
- Taylor LR (1961) Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189, 732–735
- Winberg, G.G., 1971. Methods for the Estimation of Production of Aquatic Animals, Academic Press London and New York, p.175.
- Γαληνού-Μητσούδη, Σ., 1994. Βιολογία και Οικολογία του Πετροσωλήνα *Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758) στον Ευβοϊκό κόλπο. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, p.309.
- Σγουρίδης, Φ., 2002. Ο ρόλος των Εφημερόπτερον στην ποιότητα των υδάτων των ρεμάτων της λεκάνης απορροής της λίμνης Ν.Πλαστήρα (Κ.Ελλάδα), p.40, 68-73.
- Χατζιωάννου, Μ., 2002. Συνεισφορά στη μελέτη της Βιολογίας και Οικολογίας των πνευμονοφόρων γαστερόποδων της λίμνης Κερκίνης. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, p.145-157, 191-232.
- Hynes, H. B. (1961) The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. *Arch. Hydrobiol.* 57: 344-388.







# Τέλος Ενότητας 19

Επεξεργασία: Λατινόπουλος Διονύσης  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

