

Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας

**Παράκτια και μεταβατικά οικοσυστήματα**

## **Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών**

Διδάσκων: Αθανάσιος Ευαγγελόπουλος

Γραφείο Α3

(Εργαστήριο Θαλάσσιας Βιοποικιλότητας)

[tevagelo@marine.aegean.gr](mailto:tevagelo@marine.aegean.gr)

2017-2018

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

- Οικολογία των λιμνοθαλασσών
  - Παραλιακή ενότητα
  - Παραλιακά είδη
  - Βαθμός απομόνωσης
  - Μοντελοποίηση του πεδίου του βαθμού απομόνωσης
- Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών
  - Πλαγκτόν
  - Φυτοβένθος
  - Ζωοβένθος
  - Ιχθυοπανίδα

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακή ενότητα

- Τα υδατικά οικοσυστήματα που βρίσκονται στο όριο μεταξύ θάλασσας και ξηράς – ιδιαίτερα οι λιμνοθάλασσες - χαρακτηρίζονται από μεγάλες διαφορές μεταξύ τους σε ότι αφορά τις παραμέτρους του φυσικού περιβάλλοντος (γεωμορφολογικές, χημικές, ιζηματολογικές, υδρολογικές παράμετροι)
- Μεγάλη χωρική και χρονική μεταβλητότητα στο φυσικό περιβάλλον είναι δυνατό να παρατηρείται και μέσα σε κάθε οικοσύστημα

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακή ενότητα

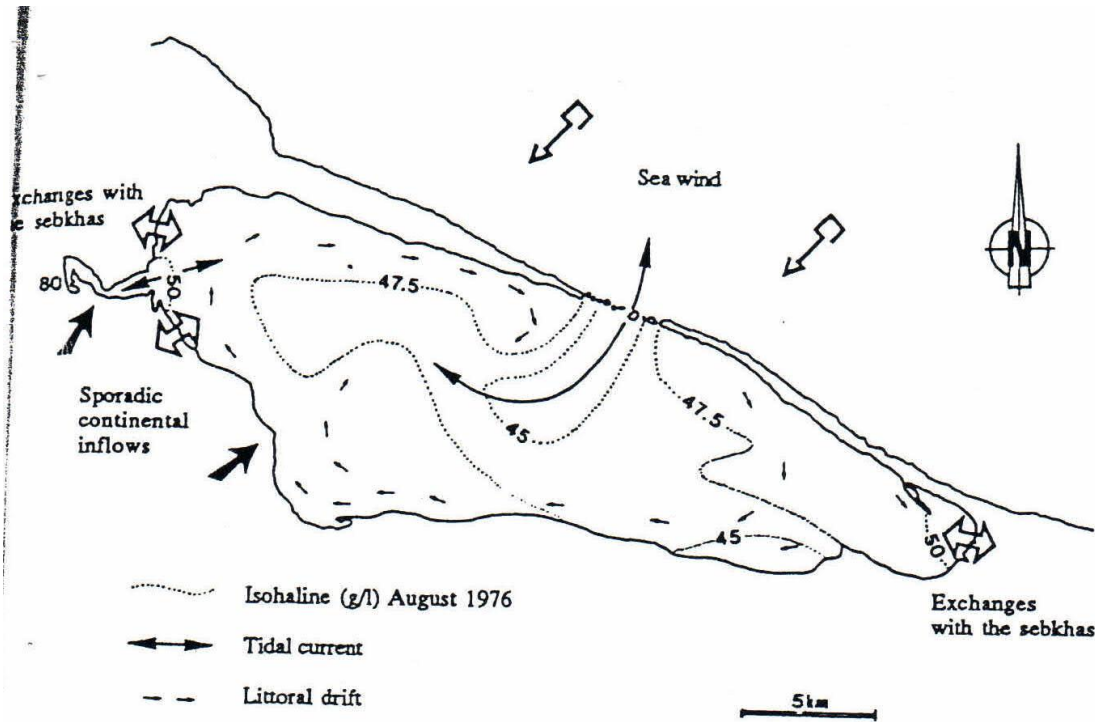


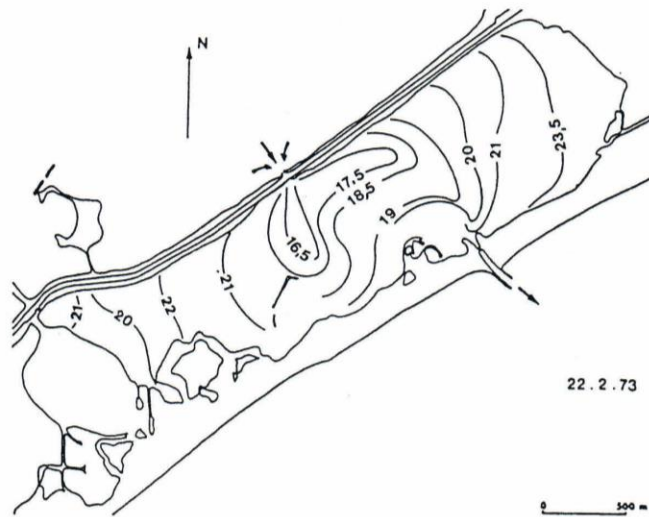
Fig. 3. – Total concentrations (in g/l) in the surface waters of the Bahiret el Biban, in August 1976. From Medhioub (1979), modified.

Χωρικές μεταβολές της αλατότητας σε λιμνοθάλασσα

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακή ενότητα



Μεταβολές της αλατότητας σε λιμνοθάλασσα ανάλογα με την κατεύθυνση των ανέμων και τη φάση της παλίρροιας

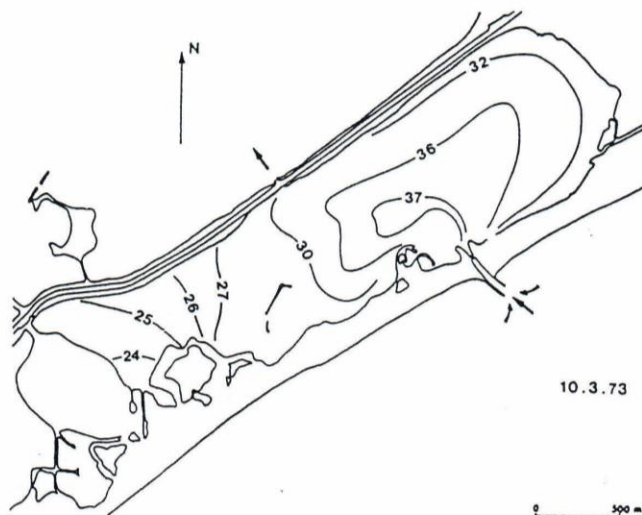


Fig. 2. - Salinity levels (in ‰) in the Etang du Prévost at ebb-tide and by northerly wind at flow-tide by southerly wind. From Guélorget and Michel (1976).

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακή ενότητα

Μηνιαίες μεταβολές της αλατότητας σε λιμνοθάλασσα

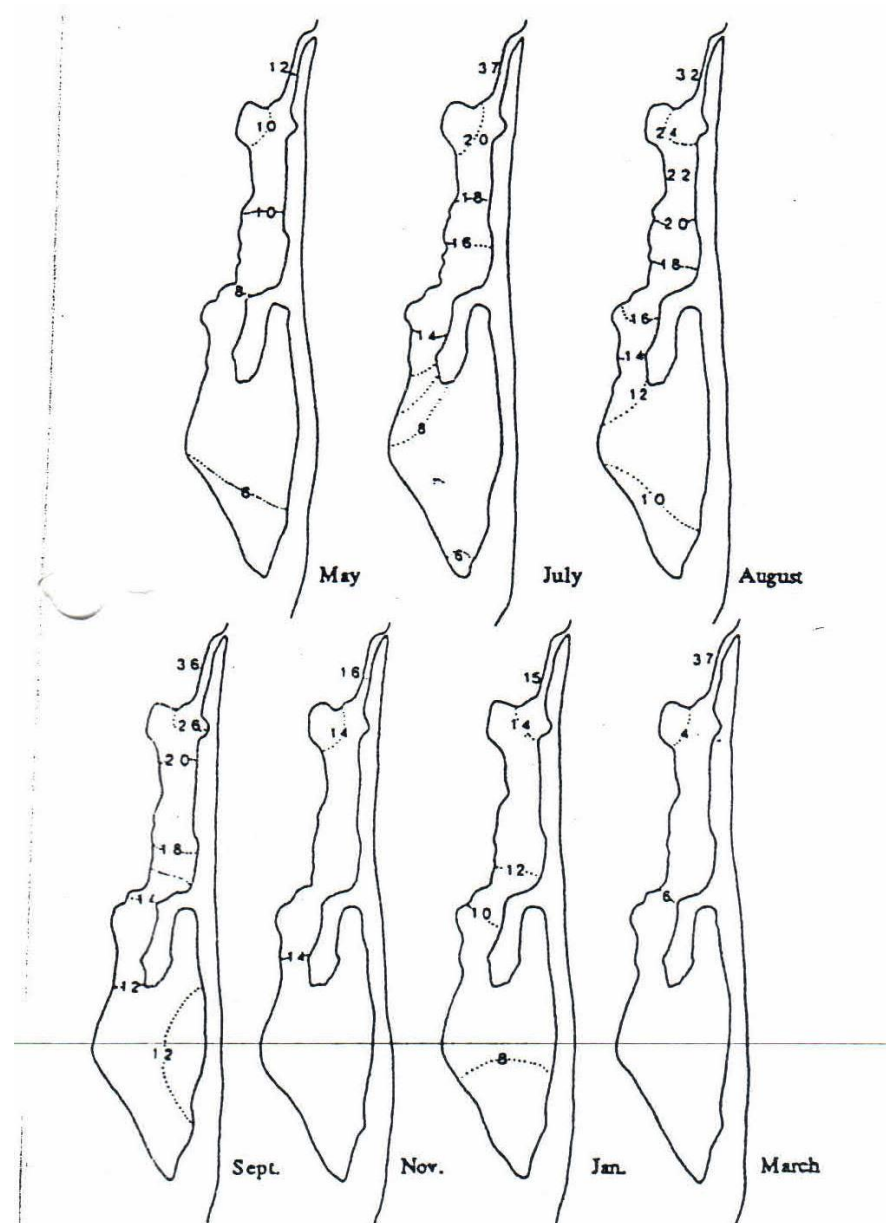


Fig. 4. – Salinity levels (‰) in the Etang de Biguglia, from May 1978 to March 1979.

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακή ενότητα

Guélorget & Perthuisot (1992):

- Έχει παρατηρηθεί πως η ποικιλομορφία του φυσικού περιβάλλοντος στα υδατικά οικοσυστήματα της διεπαφής θάλασσας και ξηράς δεν αντανακλά στους βιολογικούς πληθυσμούς τους: Αυτοί παρουσιάζουν ένα κοινό, ζωνικό πρότυπο χωρικής κατανομής, που είναι μάλιστα ανεξάρτητο των διαβαθμίσεων της αλατότητας
- Επίσης, τα συγκεκριμένα υδατικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από είδη που απαντούν μόνο σε αυτά. Οι πληθυσμοί τους είναι μάλιστα σχετικά σταθεροί στο χρόνο, παρόλη τη μεταβλητότητα του περιβάλλοντος σε μια ποικιλία χρονικών κλιμάκων



## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακή ενότητα

Guélorget & Perthuisot (1992):

- Τα υδατικά οικοσυστήματα που βρίσκονται στη διεπαφή θάλασσας και ξηράς αποτελούν μια ξεχωριστή οικολογική ενότητα, την **παραλιακή ενότητα**, η οποία, αν και είναι διακριτή από τη θάλασσα, πάντα σχετίζεται άμεσα με αυτή
- Τυπικά παραδείγματα των παραλιακών οικοσυστημάτων αποτελούν τα εκβολικά οικοσυστήματα, οι λιμνοθάλασσες και οι θαλάσσιες λεκάνες τύπου "bahira"
- Οι θαλάσσιες λεκάνες τύπου "bahira" είναι ημίκλειστες θαλάσσιες περιοχές που σχηματίστηκαν ή ολοκληρώθηκε ο σχηματισμός τους κατά την γεωλογική περίοδο του Τεταρτογενούς. Ένα παράδειγμα λεκάνης τύπου bahira στην Ελλάδα είναι ο κόλπος Καλλονής της Λέσβου

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακή ενότητα



Ο κόλπος Καλλονής στη Λέσβο, μια θαλάσσια λεκάνη τύπου bahira

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακά είδη

Guélorget & Perthuisot (1992):

- Οι οργανισμοί οι οποίοι απαντούν μόνο στα παραλιακά οικοσυστήματα, και είναι τυπικοί αυτών, ονομάζονται **παραλιακά είδη**
- Τυπικά παραδείγματα παραλιακών ειδών είναι τα μαλάκια *Hydrobia acuta*, *Pirenella conica*, *Cerastoderma glaucum*, *Abra segmentum*, ο πολύχαιτος *Hediste diversicolor* και το αγγειόσπερμο *Ruppia spiralis*

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη



*Abra segmentum*



*Cerastoderma glaucum*



*Hydrobia acuta*



*Pirenella conica*



*Hediste diversicolor*

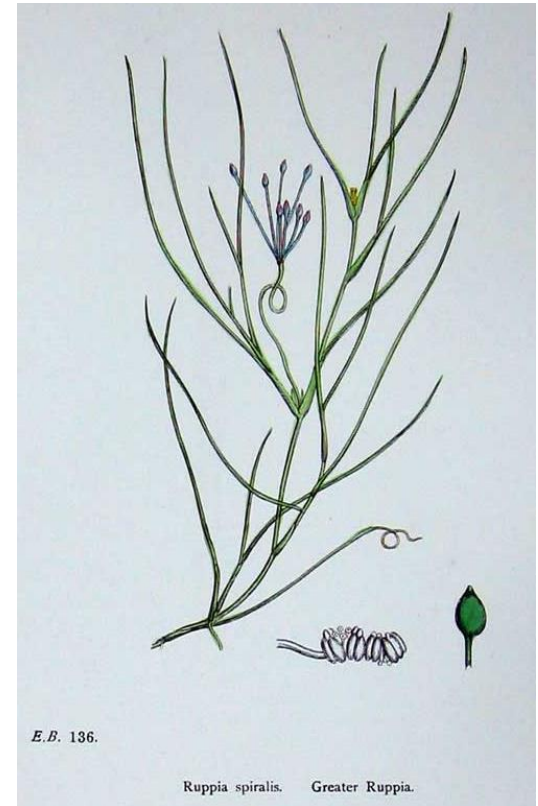
# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη



*Ruppia spiralis*



## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακά είδη

- Τα παραλιακά είδη σχετίζονται φυλογενετικά με συγκεκριμένα θαλάσσια είδη με τα οποία μοιάζουν πολύ μορφολογικά (αδερφά είδη)

Table 5.1. *Some sibling-species groups in the coastal habitats of north-west Europe*

Coastal marine	Estuarine	Lagoonal
<i>Cerastoderma edule</i>		<i>C. glaucum</i>
<i>Hydrobia ulvae</i>		<i>H. ventrosa</i> and <i>H. neglecta</i>
<i>Littorina saxatilis rudis</i> <sup>a</sup>		<i>L. s. tenebrosa</i> <sup>a</sup>
<i>Idotea balthica</i>		<i>I. chelipes</i>
<i>Sphaeroma serratum</i>	<i>S. rugicauda</i>	<i>S. hookeri</i>
<i>Nereis virens</i>		<i>N. diversicolor</i>
<i>Pomatoschistus minutus</i>		<i>P. microps</i>

<sup>a</sup> The systematics of *Littorina saxatilis* is currently in considerable confusion; some authors regard it as a single, highly variable species, others recognise three, four or more species within the aggregate. The usage here follows that of, e.g., Muus, 1967.

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη

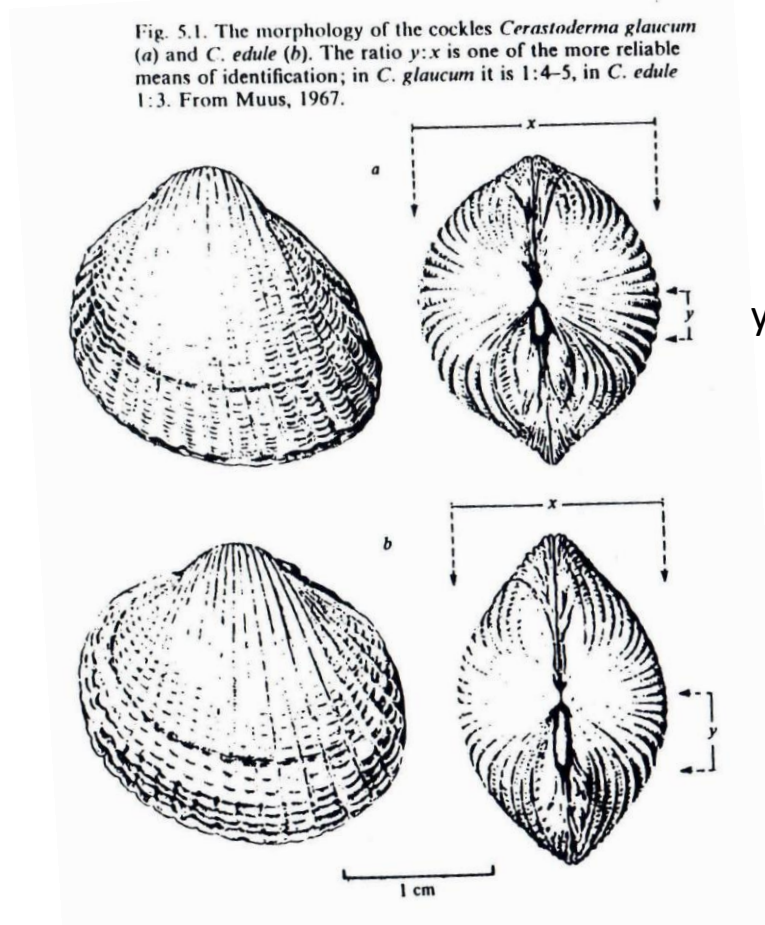
- Τι είναι τα «αδερφά είδη»:
  - Μοιάζουν πολύ μορφολογικά, αλλά παρουσιάζουν **αναπαραγωγική απομόνωση**
  - Ονομάζονται και **κρυπτικά είδη**
  - Η **ειδογένεση** στα αδερφά είδη είναι πρόσφατη
  - Κατά την ειδογένεση τους, τα αδερφά είδη διαφοροποιήθηκαν στη φυσιολογία τους ή/και στη συμπεριφορά τους, αλλά διατήρησαν παρόμοια μορφολογία
  - Είδη που φαίνεται να είναι "γενικών προτιμήσεων" (**generalists**) μπορεί στην πραγματικότητα να είναι εξειδικευμένα (**specialists**) αδερφά είδη
  - Η αναγνώριση και η επιβεβαίωση των αδερφών ειδών γίνεται με μελέτη της οικολογίας, της συμπεριφοράς και της γενετικής τους σύστασης

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη

#### Παράδειγμα αδερφών ειδών: *Cerastoderma glaucum* & *C. edule*



Οι (μικρές) διαφορές στη μορφολογία μεταξύ των *C. glaucum* και *C. edule*



# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη

#### Παράδειγμα αδερφών ειδών: *Cerastoderma glaucum* & *C. edule*

Table 5.2. *The preferred habitats in Britain of Cerastoderma edule and C. glaucum. After Boyden & Russell, 1972<sup>a</sup>*

	<i>C. edule</i>	<i>C. glaucum</i>
Habitat	Estuary	Lagoon
Temperature (°C)	3–20	0–25
Salinity (‰)	15–35	5–40
pH	7.5–8.5	7.7–10.1
Oxygen (% saturation)	90–105	0–200
Substratum	Mud, sand	Mud, sand, shingle, vegetation
Exposure	Sheltered	Extremely sheltered
Tidal range (m)	1.5–10	0–3.0
Exposure to air (% time)	0–50	0–5
Habit	Buried in sediment	Buried, on surface, or suspended in vegetation

<sup>a</sup> Boyden & Russell also provide a useful list of many lagoonal habitats in Britain and Ireland.

Διαφορές στην οικοθέρση και το ενδιαίτημα μεταξύ των *C. glaucum* και *C. edule*

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη

#### Παράδειγμα αδερφών ειδών: *Cerastoderma glaucum* & *C. edule*

- Οι προνύμφες του *C. glaucum* (και όχι του *C. edule*) δείχνουν προτίμηση στη βλάστηση ως υπόστρωμα εγκατάστασης τους
- Τα νεαρά άτομα του *C. glaucum* (και όχι του *C. edule*) σκαρφαλώνουν πάνω στην μακροφυτική υποβρύχια βλάστηση με τη βοήθεια των νημάτων του βύσσου



Νεαρά άτομα του *C. glaucum* πάνω σε υδρόβιο μακρόφυτο

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακά είδη

**Παράδειγμα αδερφών ειδών: *Cerastoderma glaucum* & *C. edule***



Διαφορές στο ενδιαίτημα: Το *C. glaucum* (και όχι το *C. edule*) ζει και στην επιφάνεια του ιζήματος του πυθμένα

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

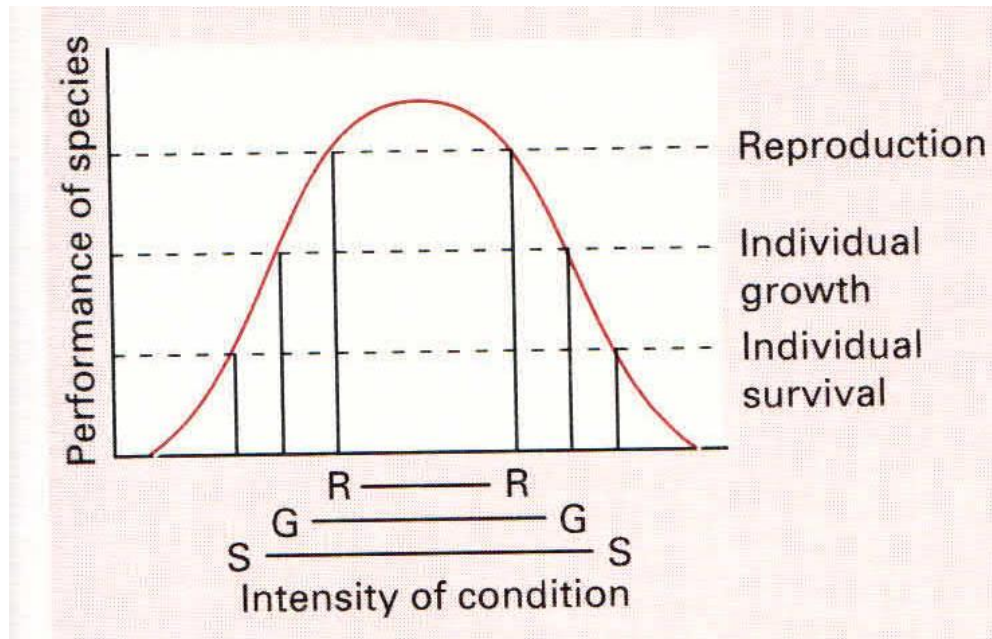
#### Παραλιακά είδη

- Τα παραλιακά είδη, σε ότι αφορά γνωρίσματα της φυσιολογίας και αυτοοικολογίας τους, χαρακτηρίζονται ως **ευρυβιοτικά**:
  - Αλατότητα: **ευρύαλα (όχι στενόαλα)**
  - Θερμοκρασία: **ευρύθερμα (όχι στενόθερμα)**

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη

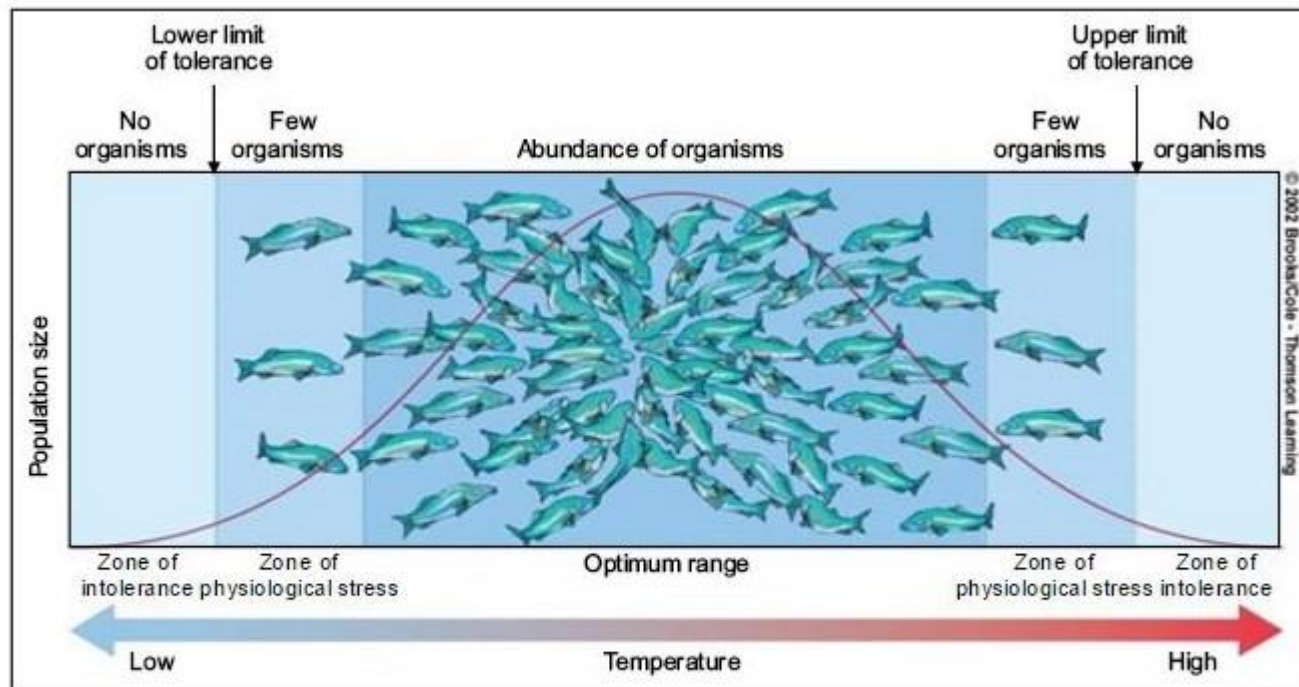


Σχηματική **καμπύλη απόκρισης** ενός οργανισμού σε περιβαλλοντική παράμετρο, π.χ. αλατότητα, θερμοκρασία, pH

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη

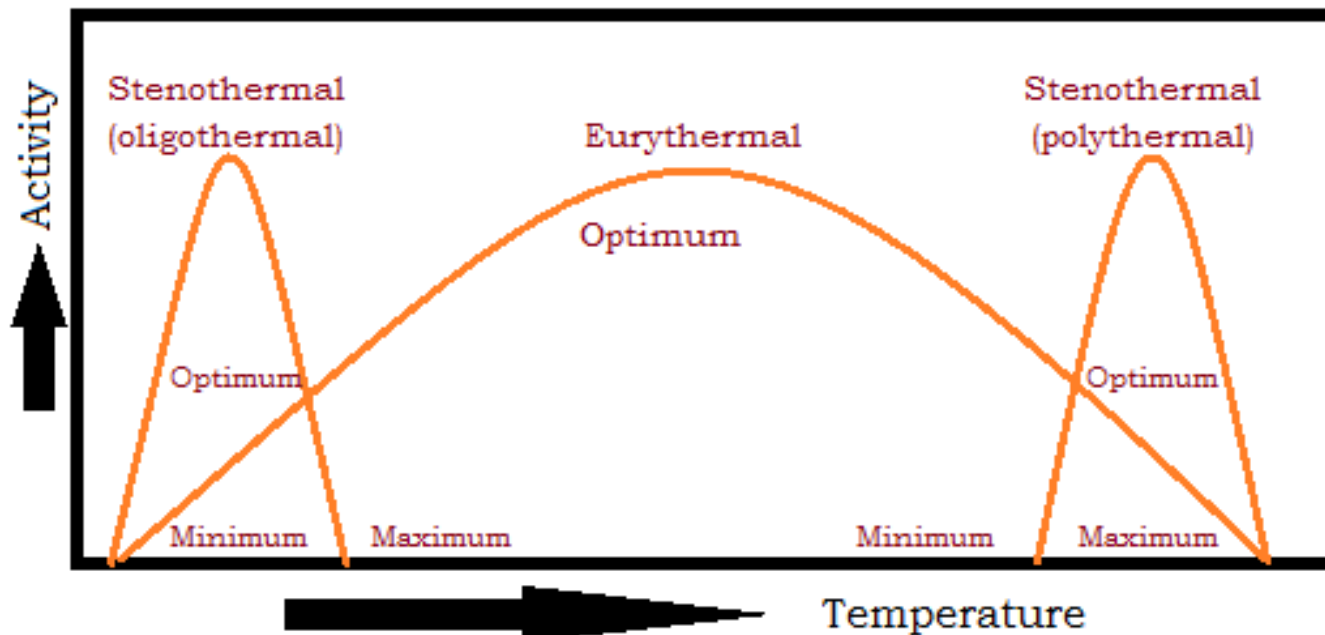


Also: Salinity, precipitation, wind, insolation, nutrients, current

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη



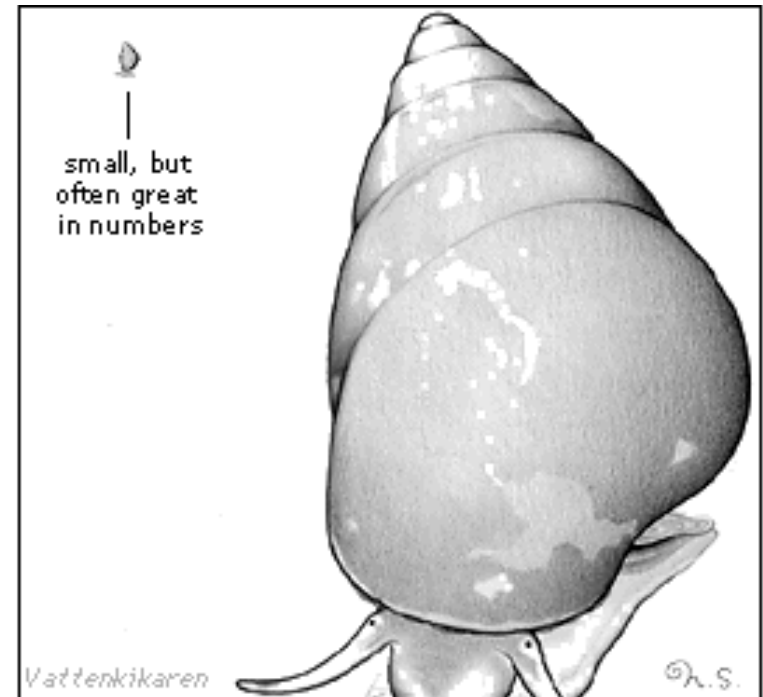
**Steno-species exhibit a narrow tolerance zone while eury-species exhibit a wide tolerance zone.** Source: Fundamentals Of Ecology (3rd Edn) by Dash

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Παραλιακά είδη

- Οι βιοκοινότητες των παραλιακών ειδών χαρακτηρίζονται τυπικά από μικρό αριθμό ειδών, αλλά υψηλές πληθυσμιακές πυκνότητες



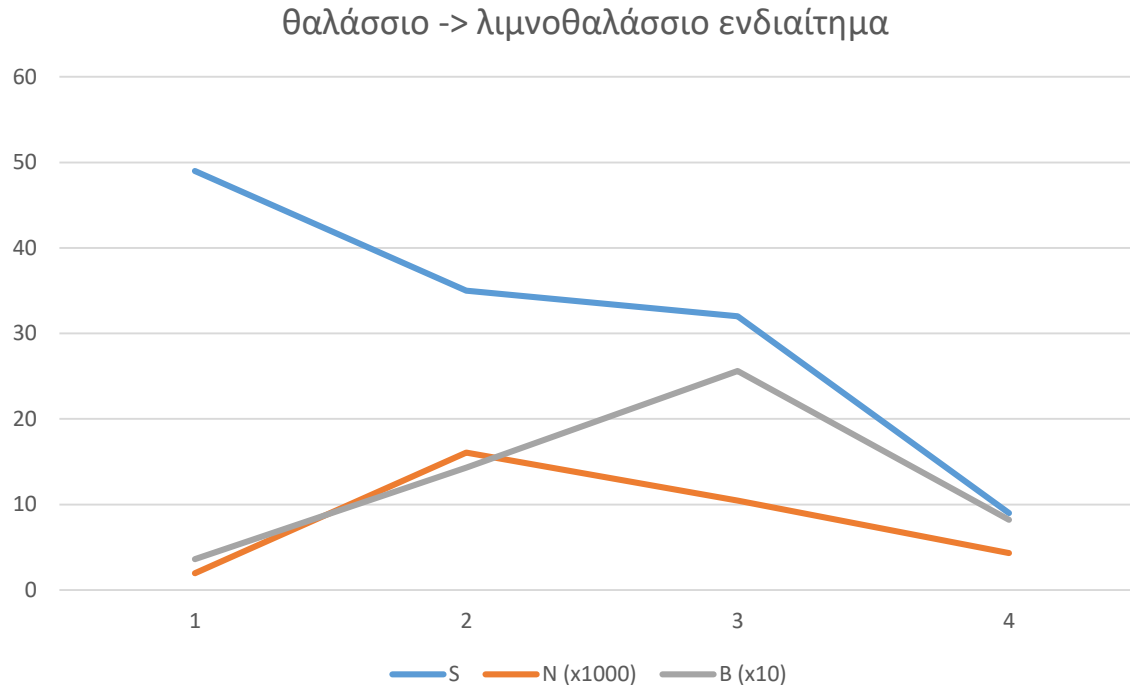
*Hydrobia*



# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Παραλιακά είδη



Μεταβολές του πλούτου ειδών, της πυκνότητας και της βιομάζας στην περιβαλλοντική διαβάθμιση θαλάσσιο -> λιμνοθαλάσσιο ενδιαίτημα στις αλυκές Καλλονής

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Βαθμός απομόνωσης

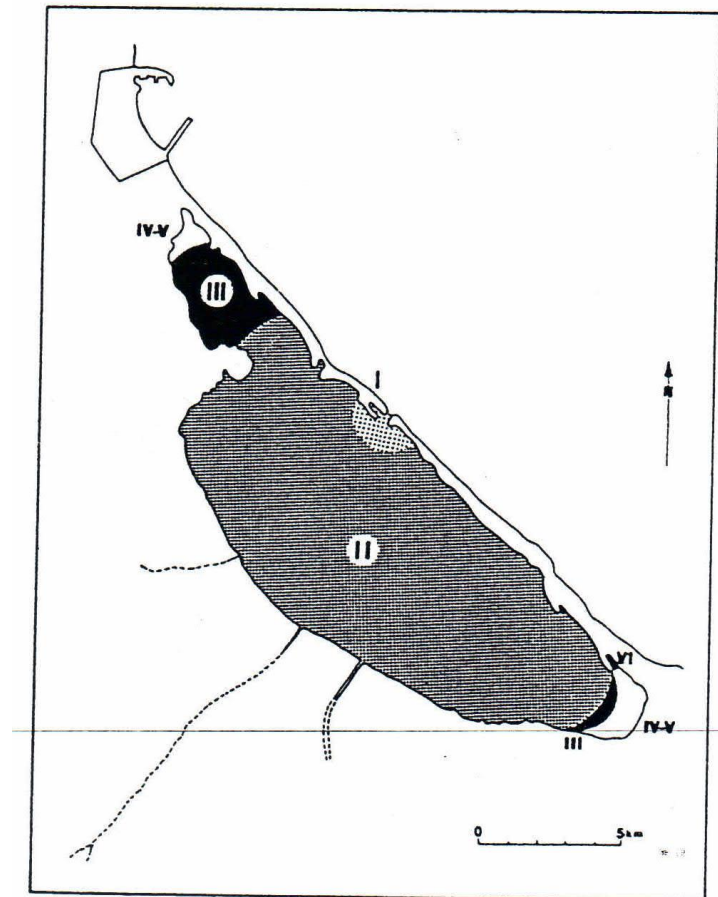
Guélorget & Perthuisot (1992):

- Η χωρική κατανομή των βιολογικών πληθυσμών των παραλιακών οικοσυστημάτων παρουσιάζει ζωνικό πρότυπο
- Το ζωνικό αυτό πρότυπο είναι ανεξάρτητο της διαβάθμισης της αλατότητας και είναι κοινό τόσο σε υπόαλα, όσο και σε υπέραλα συστήματα
- Συμπέρασμα: η κρίσιμη παράμετρος του περιβάλλοντος η οποία ελέγχει την κατανομή των οργανισμών στα παραλιακά οικοσυστήματα δεν θα μπορούσε να είναι η αλατότητα

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης



Η χωρική κατανομή των βενθικών στη λιμνοθάλασσα χαρακτηρίζεται από ζώνες (I – V) διαφορετικής σύνθεσης ειδών

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Βαθμός απομόνωσης

Guélorget & Perthuisot (1992):

- Η κρίσιμη παράμετρος του περιβάλλοντος η οποία ελέγχει την κατανομή των οργανισμών στα παραλιακά οικοσυστήματα είναι ο χρόνος της ανανέωσης "στοιχείων θαλάσσιας προέλευσης", ο οποίος ονομάζεται **βαθμός απομόνωσης** από τη θάλασσα (degree of confinement)
- Πιθανά εμπλεκόμενα "στοιχεία θαλάσσιας προέλευσης" θα μπορούσαν να είναι άλατα, ιχνοστοιχεία ή βιταμίνες

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Βαθμός απομόνωσης

Guélorget & Perthuisot (1992):

- Ο βαθμός απομόνωσης σε ένα δεδομένο τμήμα ενός παραλιακού οικοσυστήματος αποτελεί μια μεταβλητή, η οποία είναι συνάρτηση του χρόνου που χρειάζεται το θαλασσινό νερό και τα συστατικά του να εισχωρήσουν στο δεδομένο τμήμα
- Σχετίζεται με τη μορφομετρία της διόδου επικοινωνίας με τη θάλασσα, τον παλιρροιακό κύκλο και τα ρεύματα
- Ο βαθμός απομόνωσης είναι επίσης συνάρτηση του ρυθμού απομάκρυνσης των "στοιχείων θαλάσσιας προέλευσης" από τα νερά μέσα από τη βιολογική δέσμευση τους

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Βαθμός απομόνωσης

Guélorget & Perthuisot (1992):

- Δευτερεύουσες (σε σχέση με τη διαβάθμιση του βαθμού απομόνωσης) περιβαλλοντικές παράμετροι, όπως το βάθος της στήλης νερού, η φύση του υποστρώματος, τα φορτία θρεπτικών, η συσσώρευση οργανικής ύλης και η δράση των κυμάτων, τροποποιούν σε τοπική κλίμακα το τυπικό ζωνικό πρότυπο χωρικής κατανομής των ειδών
- Η αλατότητα σε ένα δεδομένο τμήμα ενός παραλιακού οικοσυστήματος είναι συνάρτηση του βαθμού απομόνωσης και της ισορροπίας εξάτμισης – κατακρημνισμάτων (βροχή κλπ.)

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Βαθμός απομόνωσης

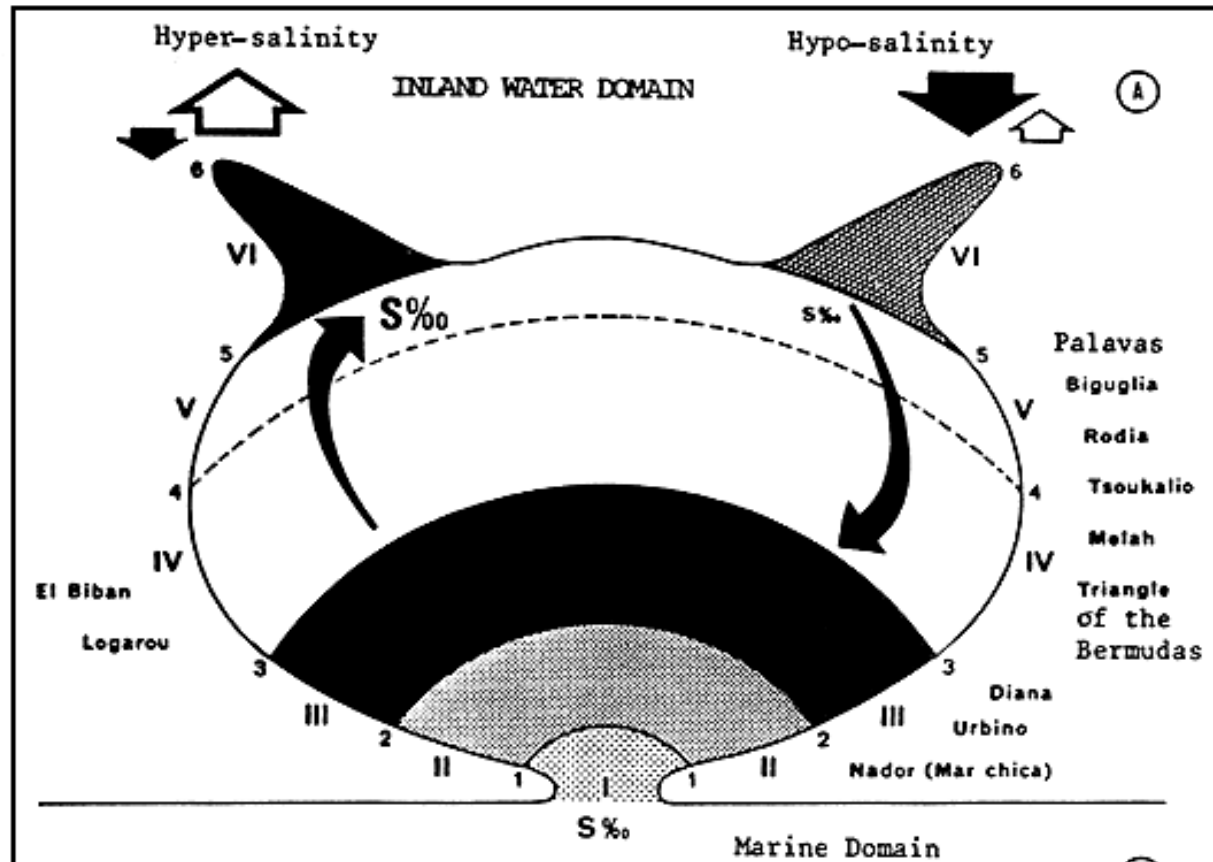
Guélorget & Perthuisot (1992):

- Το ζωνικό πρότυπο χωρικής κατανομής των οργανισμών της μακροβενθικής πανίδας στα παραλιακά οικοσυστήματα έχει δώσει τη δυνατότητα του καθορισμού μιας εμπειρικής κλίμακας της διαβάθμισης του βαθμού απομόνωσης, στην οποία διακρίνονται 6 ζώνες (**Ζώνες I – VI**)
- Τα χαρακτηριστικά της ζώνης VI διαφέρουν ανάλογα με το αν το σύστημα δέχεται εισροή γλυκών υδάτων ή όχι. Στην πρώτη περίπτωση το σύστημα θεωρείται πως έχει **υπόαλο πόλο**, ενώ στη δεύτερη **υπέραλο πόλο**

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης



Η χωρική κατανομή των ζωνών απομόνωσης σε μια ιδεατή λιμνοθάλασσα



## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Βαθμός απομόνωσης

- Οι ζώνες απομόνωσης δεν είναι απαραίτητο να έχουν όλες σημαντική έκταση σε ένα παραλιακό οικοσύστημα, αλλά δεν έχει παρατηρηθεί να λείπει μια ενδιάμεση ζώνη ή, με την εξαίρεση των ζωνών IV–V, να αναμιγνύονται διαφορετικές ζώνες μεταξύ τους
- Η έκταση της κάθε ζώνης ποικίλει ανάλογα με το οικοσύστημα

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης

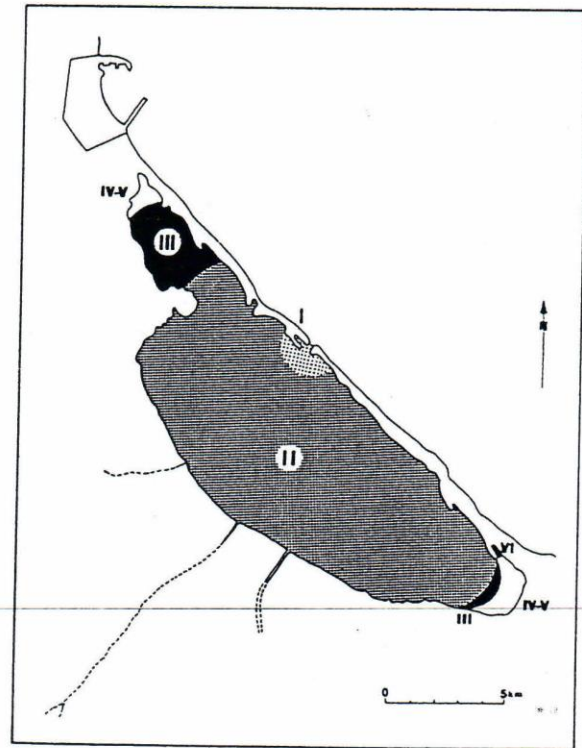


Fig. 11. – Diagrammatic map of confinement zones in the Nador lagoon (Mar Chica or Sebkha bou Areg). From Guélorget *et al.*, 1983.

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης

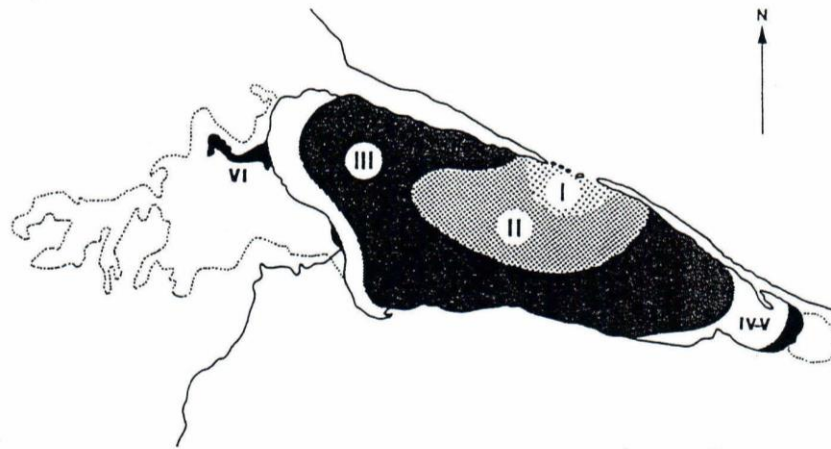


Fig. 10. – Diagrammatic map of confinement zones in the Bahiret el Biban. From Guélorget *et al.*, 1982.

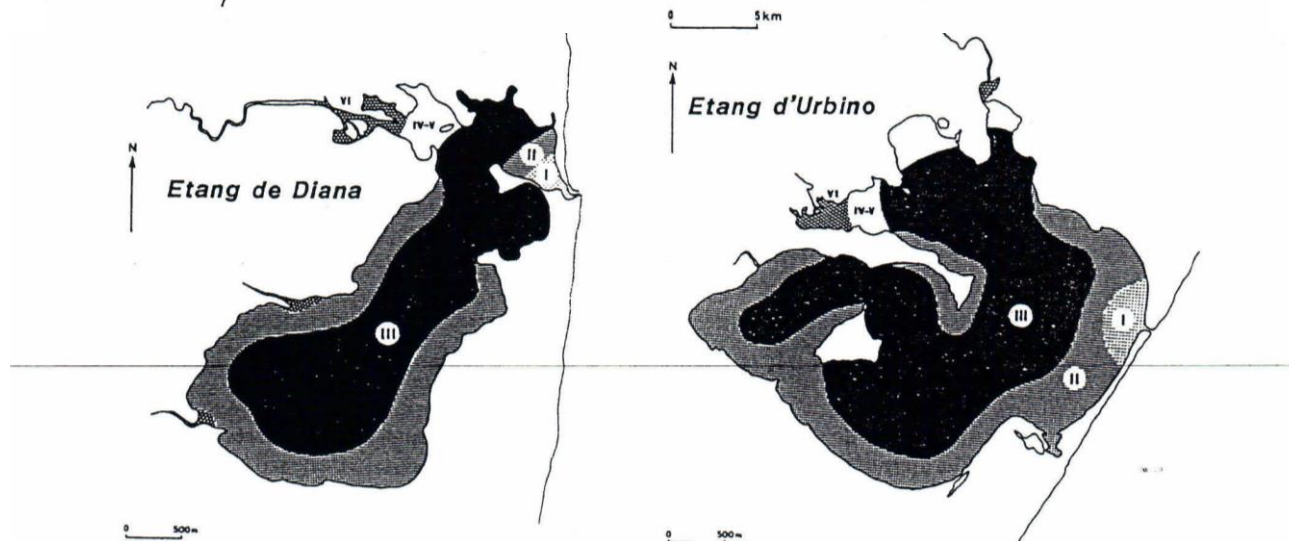


Fig. 13. – Biological zoning in the lagoons of the eastern plain of southern Corsica. From Guélorget *et al.*, 1983.

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης

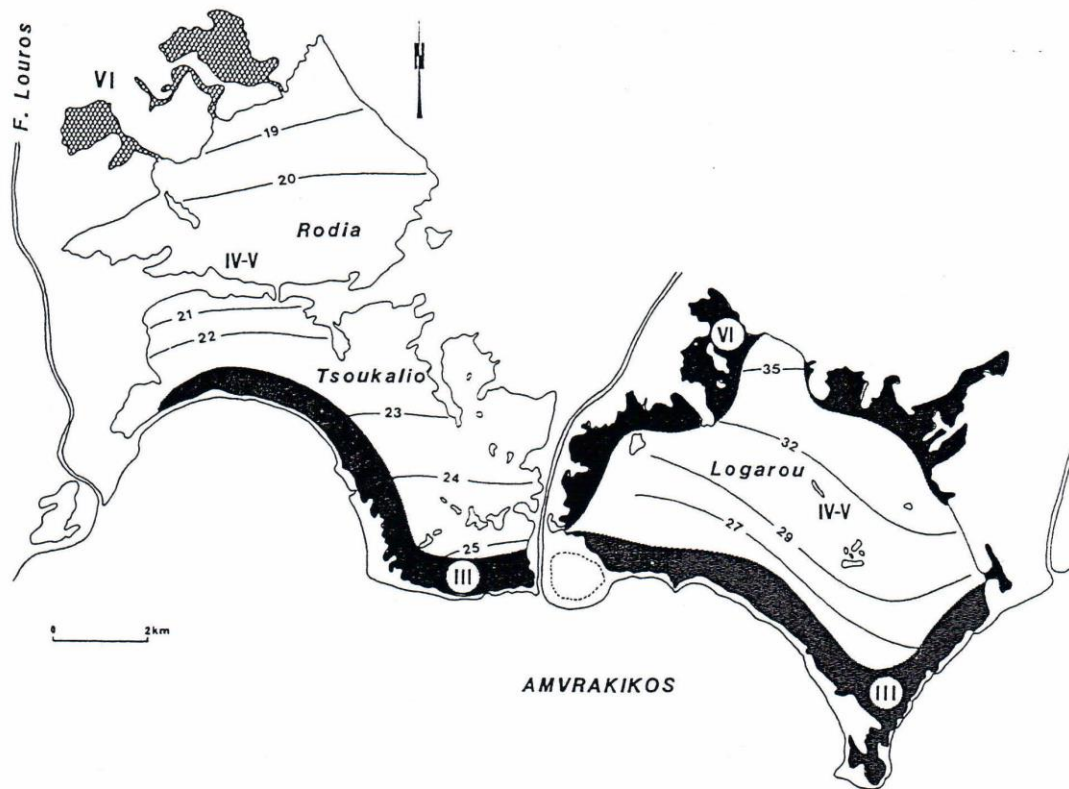


Fig. 12. – Biological zoning in the lagoons of the Louros Delta (Amvrakikos, Greece), Isohalines in ‰. From Guélorget *et al.*, 1983.

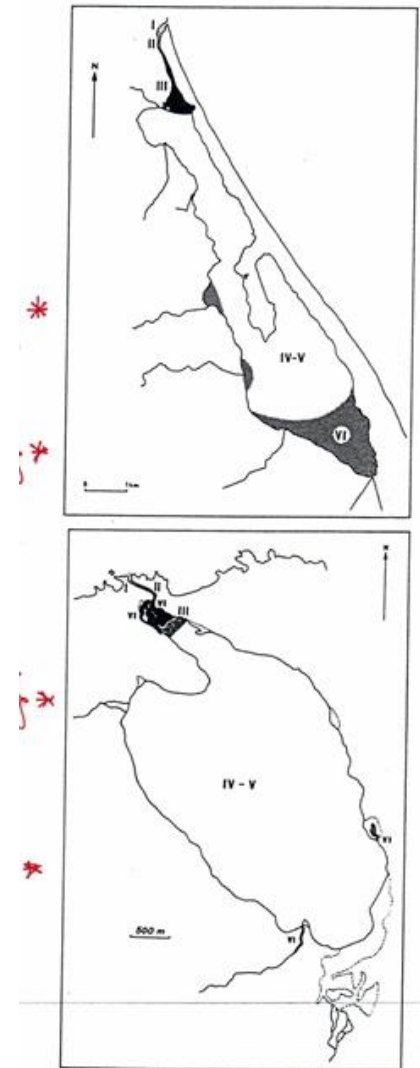


Fig. 14. – Above, biological zoning in the Etang de Biguglia in the northern part of the eastern Corsican plain. From Guélorget *et al.*, 1983. Below, biological zoning in « Lake » Melah (Algeria). From Guélorget *et al.*, 1983.

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης

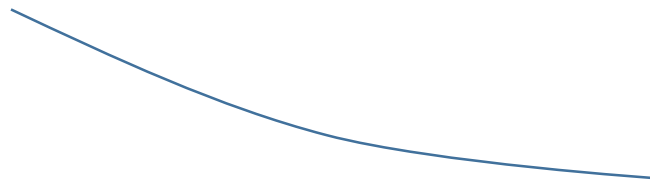
#### Χαρακτηριστικά των ζωνών απομόνωσης

ΖΩΝΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
<b>A. Εγγύς παραλιακή ενότητα (near paralic domain)</b>	
<b>A1. Ζώνες κάτω από την άμεση επίδραση της θάλασσας</b>	
I	Η περιοχή του στομίου επικοινωνίας με τη θάλασσα. Θαλάσσιο περιβάλλον.
II	Μια ευρύτερη περιοχή κοντά στο στόμιο επικοινωνίας με τη θάλασσα. Στη ζώνη αυτή επικρατούν θαλάσσια είδη παράκτιων υδάτων, εκτός από τα πλέον στενόαλα.
III	Μια ενδιάμεση ζώνη στην οποία επικρατούν ευρύαλα θαλάσσια είδη, τα "μικτά" είδη ("mixed" species), τα οποία απαντούν τόσο στα παραλιακά οικοσυστήματα όσο και σε τυπικά παράκτια θαλάσσια οικοσυστήματα.
<b>A2. Τυπικές παραλιακές ζώνες</b>	
IV	Στη ζώνη αυτή λείπουν τα θαλάσσια είδη, ενώ τη θέση τους παίρνουν τα παραλιακά είδη. Τα είδη αυτά δεν απαντούν στο παρακείμενο θαλάσσιο περιβάλλον και χαρακτηρίζονται ως "θαλασσοειδή" (thalassoid), εξαιτίας της φυλογενετικής τους συγγένειας με θαλάσσια ("thalassic") είδη.
V	Παρόμοια με τη ζώνη IV, αλλά σε αυτή το ίζημα μπορεί να είναι πλούσιο σε οργανική ύλη, ανοξικό και να επικρατούν σε αυτό κυανοβακτήρια (ειδικά κάτω από υπέραλες συνθήκες). Η πανίδα περιλαμβάνει είδη της ζώνης IV και επιπλέον είδη μεταξύ των οποίων και είδη με φυλογενετική συγγένεια με είδη γλυκών υδάτων.
<b>B. Απώτερη παραλιακή ενότητα (far paralic domain)</b>	
VI	Μια ζώνη όπου επικρατούν τα κυανοβακτήρια, ενώ η πανίδα περιλαμβάνει είδη γλυκών ή υπέραλων υδάτων.

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

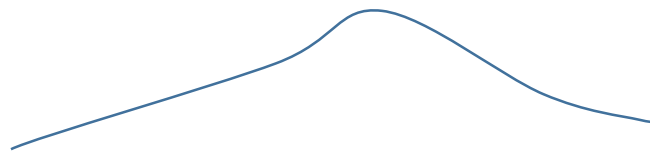
## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βαθμός απομόνωσης

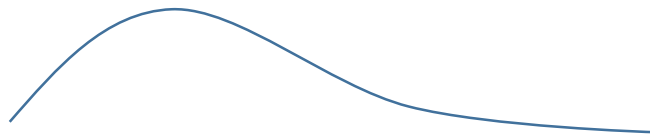


**Μαλάκια:**

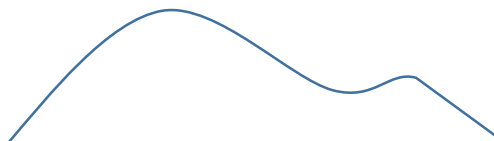
αριθμός ειδών



αριθμητική αφθονία



βιομάζα



παραγωγικότητα

I II III IV V VI

Διαβάθμιση βαθμού απομόνωσης

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Μοντελοποίηση του πεδίου του βαθμού απομόνωσης

- Το μοντέλο των Guelorget & Perthuisot για τον ρόλο της διαβάθμισης του βαθμού απομόνωσης στην οικολογία των λιμνοθαλασσών έχει γίνει ευρέως αποδεκτό κυρίως στο Μεσογειακό χώρο

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Μοντελοποίηση του πεδίου του βαθμού απομόνωσης

- Η μεταβλητή του βαθμού απομόνωσης δεν μπορεί να μετρηθεί *in situ*
- Για το λόγο αυτό ήταν αναγκαία η χρήση εμπειρικής κλίμακας (δηλ. οι ζώνες βαθμού απομόνωσης I - VI) βασισμένης στην ζωνική χωρική κατανομή της βενθικής μακροπανίδας, η οποία αποτυπώνει το μέσο όρο των περιβαλλοντικών συνθηκών σε κάθε θέση
- Τα μακροβενθικά είδη δρουν ως δείκτες του βαθμού απομόνωσης



## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Οικολογία των λιμνοθαλασσών

#### Μοντελοποίηση του πεδίου του βαθμού απομόνωσης

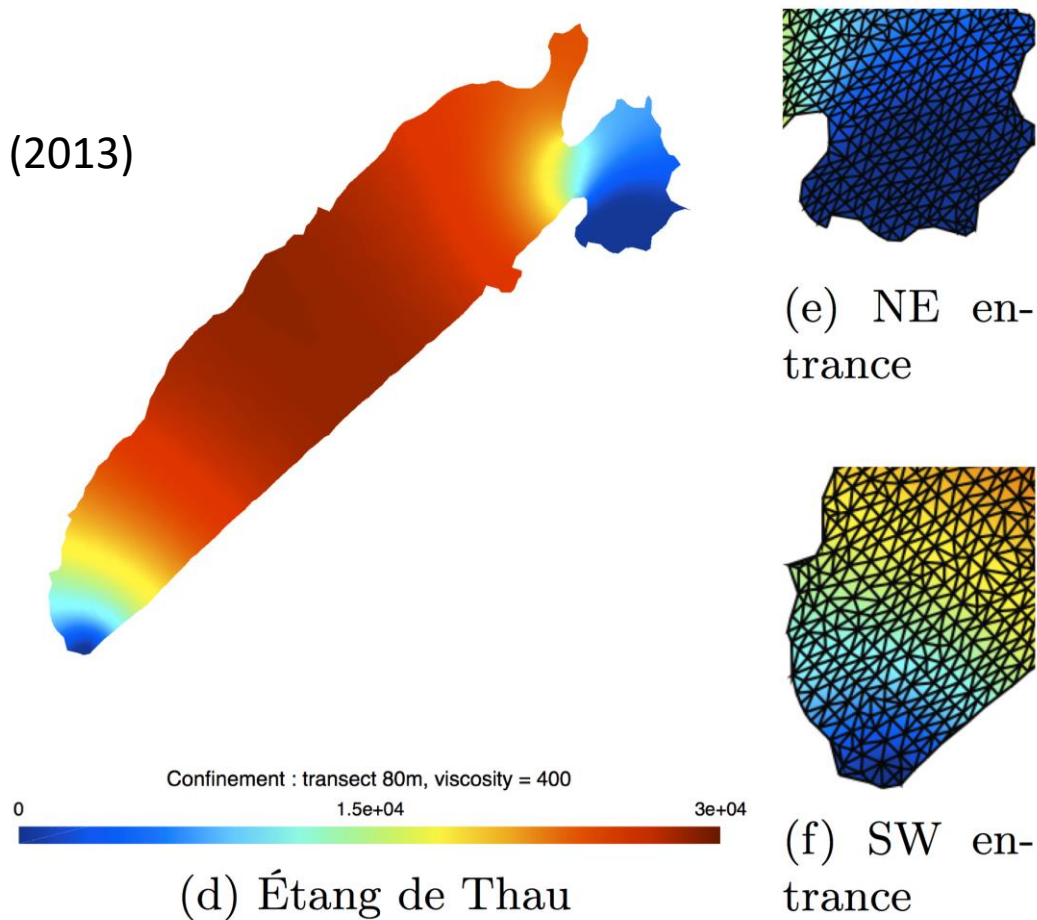
- Στα παραλιακά περιβάλλοντα με σημαντική παλίρροια δεν παρατηρείται το ζωνικό πρότυπο χωρικής κατανομής των οργανισμών των Guélorget & Perthuisot και ο βαθμός απομόνωσης δεν μπορεί να μετρηθεί με βάση την εμπειρική κλίμακα των Guélorget & Perthuisot
- Frenod & Goubert (2007), Frenod & Rousseau (2013), Bernard et al. (2013): Ο βαθμός απομόνωσης μπορεί να υπολογιστεί μέσω ενός μαθηματικού μοντέλου, ως συνάρτηση του ρυθμού εξάτμισης του νερού στη λιμνοθάλασσα και της παλίρροιας (αν υπάρχει)

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Μοντελοποίηση του πεδίου του βαθμού απομόνωσης

Bernard et al. (2013)



Το πεδίο του βαθμού απομόνωσης για τη λιμνοθάλασσα Etang de Thau

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Ελληνικές λιμνοθάλασσες

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

#### Πλαγκτόν

- Το φυτοπλαγκτόν στις λιμνοθάλασσες είναι φτωχότερο σε είδη από το παράκτιο θαλάσσιο
- Το λιμνοθαλάσσιο φυτοπλαγκτόν συχνά εμπλουτίζεται από βενθικά διάτομα λόγω του μικρού βάθους
- Είδη του παράκτιου θαλάσσιου φυτοπλαγκτού εισέρχονται παθητικά με το ρεύμα του νερού στις λιμνοθάλασσες

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

#### Πλαγκτόν

- Στις λιμνοθάλασσες με τον μεγαλύτερο βαθμό απομόνωσης έχει βρεθεί να κυριαρχούν κρυπτοφύκη (π.χ. Ροδιά)
- Στις λιμνοθάλασσες με τον μικρότερο βαθμό απομόνωσης έχει βρεθεί να κυριαρχούν τα διάτομα (π.χ. Λογαρού)
- Σε λιμνοθάλασσες με ενδιάμεσο βαθμό απομόνωσης έχει βρεθεί πως τα διάτομα κυριαρχούν κοντά στο στόμιο, ενώ στο εσωτερικό της λιμνοθάλασσας είναι σημαντική η παρουσία των δινόφυκων (π.χ. Γιάλοβας)

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

#### Πλαγκτόν

- Στο λιμνοθαλάσσιο μεσοζωοπλαγκτόν κυριαρχούν τα κωπήποδα και προνύμφες μαλακίων, δεκαπόδων και πολυχαίτων
- Στο λιμνοθαλάσσιο μικροζωοπλαγκτόν κυριαρχούν τα βλεφαριδωτά πρωτόζωα

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

### Πλαγκτόν

Κλάσεις μεγέθους στο πλαγκτό

Group	Size range (ESD)	Examples
Megaplankton	> 20 cm	metazoans; <i>e.g.</i> jellyfish; ctenophores; salps and pyrosomes (pelagic Tunicata); Cephalopoda; Amphipoda
Macroplankton	2→20 cm	metazoans; <i>e.g.</i> Pteropods; Chaetognaths; Euphausiacea (krill); Medusae; ctenophores; salps, doliolids and pyrosomes (pelagic Tunicata); Cephalopoda; Janthinidae (one family of gastropods); Amphipoda
Mesoplankton	0.2→20 mm	metazoans; <i>e.g.</i> copepods; Medusae; Cladocera; Ostracoda; Chaetognaths; Pteropods; <u>Tunicata</u> ; Heteropoda
Microplankton	20→200 $\mu\text{m}$	large eukaryotic protists; most phytoplankton; Protozoa Foraminifera; tintinnids; other ciliates; Rotifera; juvenile metazoans - Crustacea (copepod nauplii)
Nanoplankton	2→20 $\mu\text{m}$	small eukaryotic protists; Small Diatoms; Small Flagellates; Pyrrophyta; Chrysophyta; Chlorophyta; Xanthophyta
Picoplankton	0.2→2 $\mu\text{m}$	small eukaryotic protists; bacteria; Chrysophyta
Femtoplankton	< 0.2 $\mu\text{m}$	marine viruses

### Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών Πλαγκτόν



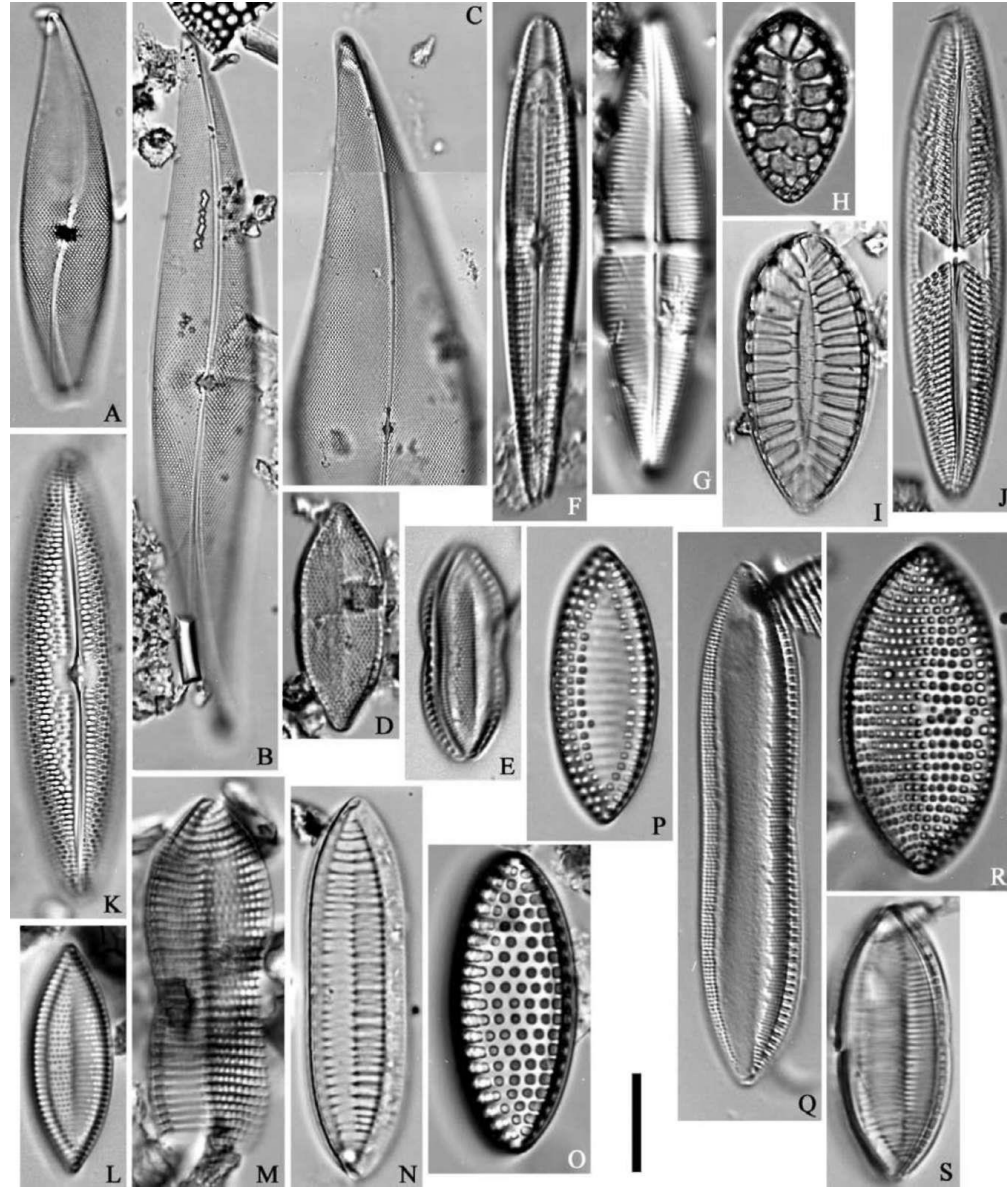
Κρυπτοφύκος (*Cryptomonas*)



# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

### Πλαγκτόν

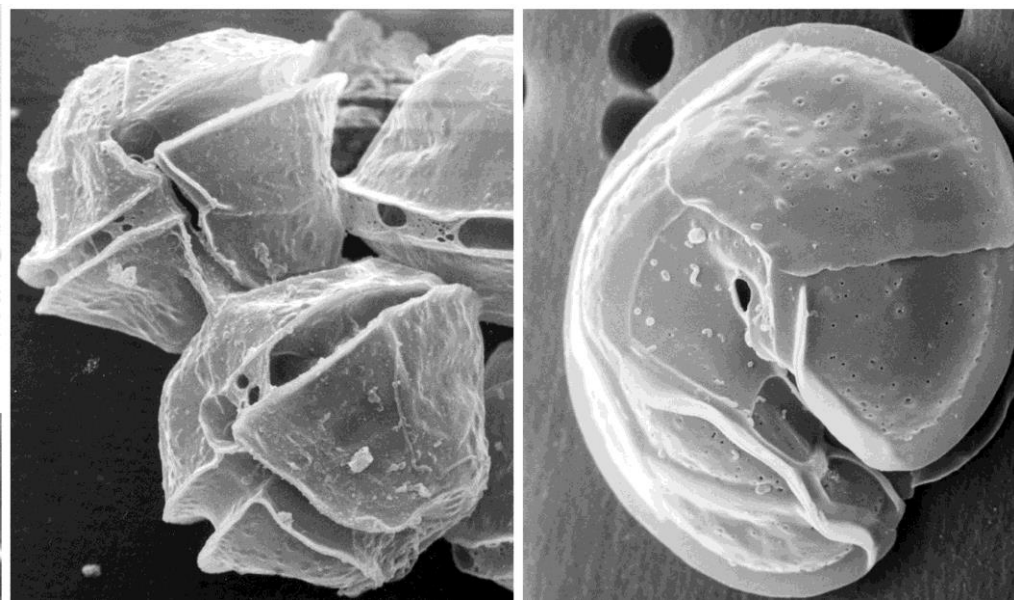


Βενθικά και επιφυτικά διάτομα

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

### Πλαγκτόν



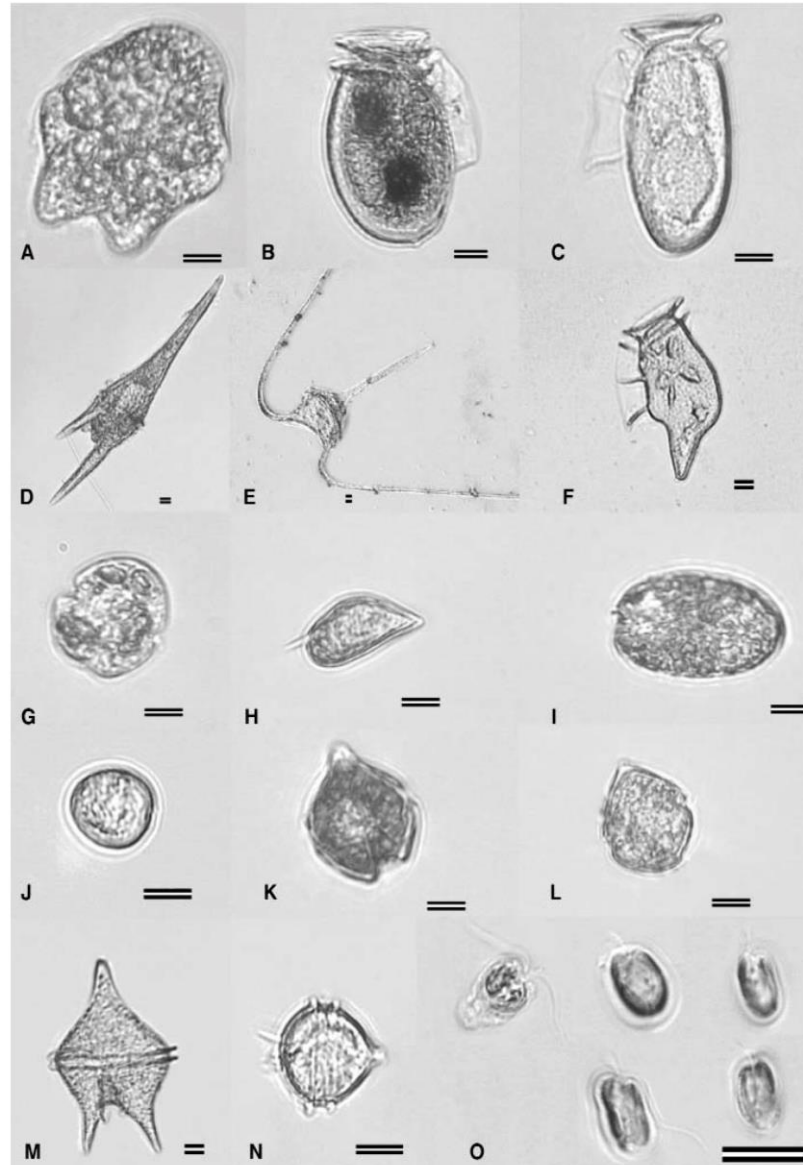
Το (τοξικό) δινοφύκος *Alexandrium catenella*

Είδη του γένους *Alexandrium* έχουν βρεθεί σε λιμνοθάλασσες του Ιονίου

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

### Πλαγκτόν



Δυνητικά επιβλαβή δινοφύκη από  
λιμνοθάλασσες του Ιονίου

### Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών Πλαγκτόν



Βλεφαριδωτό πρωτόζωο (Τάξη Tintinnida)



Το βλεφαριδωτό πρωτόζωο  
*Mesodinium rubrum*

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

### Πλαγκτόν



Κωπήποδο



Προνύμφη πολύχαιτου



Προνύμφες διθύρων (και διάτομα)

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

#### Φυτοβένθος

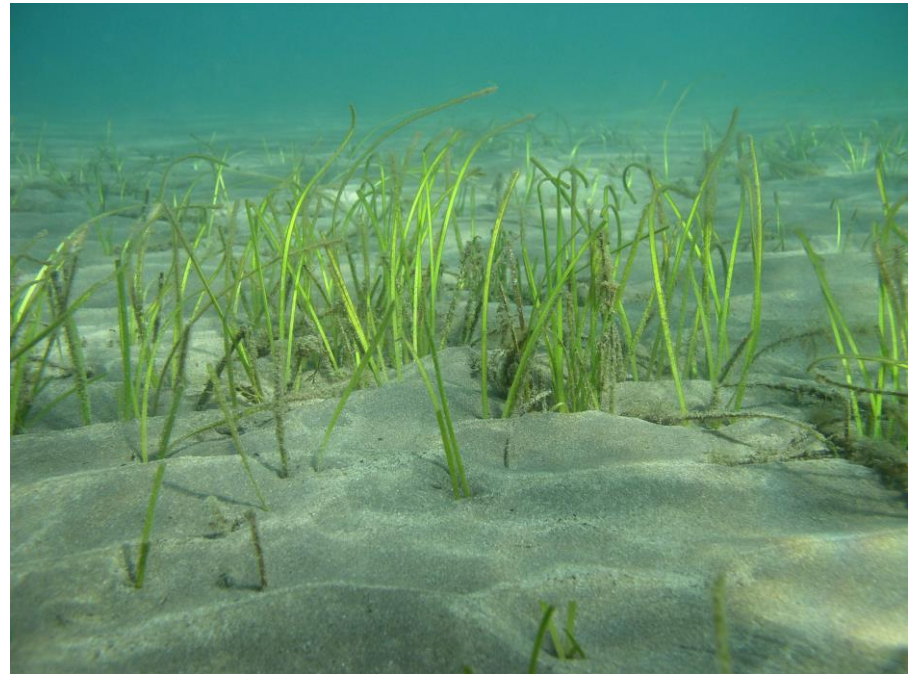
- Φυτοβενθικές συναθροίσεις στις Ελληνικές λιμνοθάλασσες:
  - *Ruppia cirrhosa* – *Ruppia maritima* (κοινή)
  - *Zostera noltii* (κυρίως λιμνοθάλασσες Αμβρακικού)
  - *Cymodocea nodosa* (σε λιμνοθάλασσες με αυξημένη αλατότητα)
  - *Cystoseira barbata* – *Gracilaria bursa-pastoris* – *Cladophora liniformis* – *Ulva* spp. (σε λιμνοθάλασσες με ευτροφισμό)
  - *Lamprothamnium papulosum* (λιμνοθάλασσες Αμβρακικού)

### Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών  
Φυτοβένθος



*Zostera noltii*

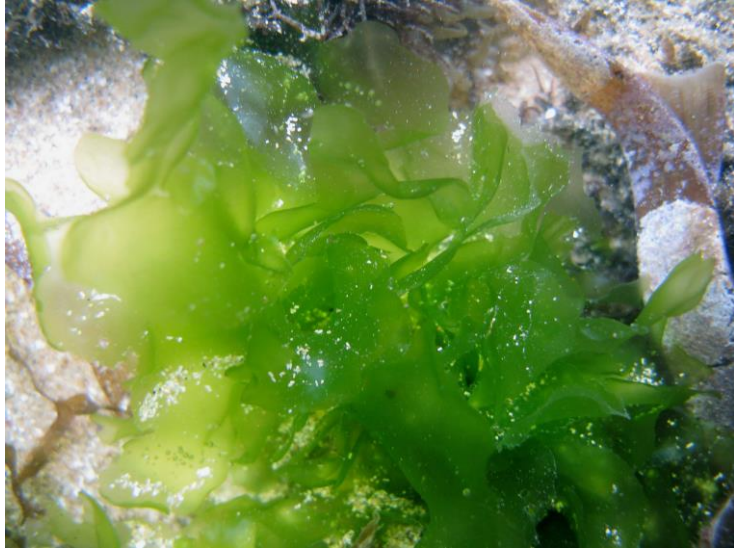


*Cymodocea nodosa*

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

### Φυτοβένθος



*Ulva* sp.



*Gracilaria bursa-pastoris*



*Lamprothamnium papulosum*

algaeBASE



## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

Ζωοβένθος

- Τα βενθικά μακροασπόνδυλα είναι η πλέον μελετημένη ομάδα οργανισμών των Ελληνικών λιμνοθαλασσών
- Διακρίνουμε τέσσερις ομάδες ειδών, ανάλογα με την υδρολογία και το τροφικό καθεστώς:
  - Είδη γλυκού νερού (προνύμφες εντόμων οικογένειας Chironomidae)
  - Ευρύαλα είδη υφάλμυρων υδάτων (η πλέον κοινή ομάδα)
  - Θαλάσσια είδη με προτίμηση σε ρηχές προστατευμένες περιοχές
  - Ευκαιριακά είδη σε περιοχές με οργανική ρύπανση

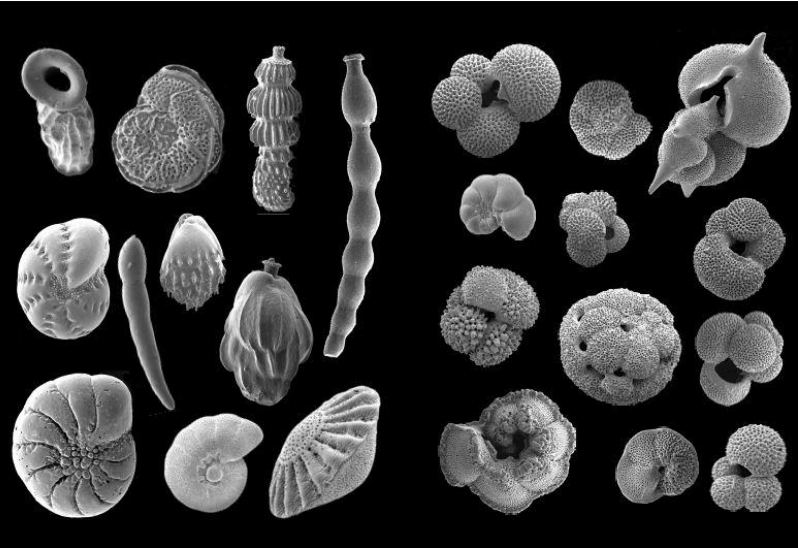
# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

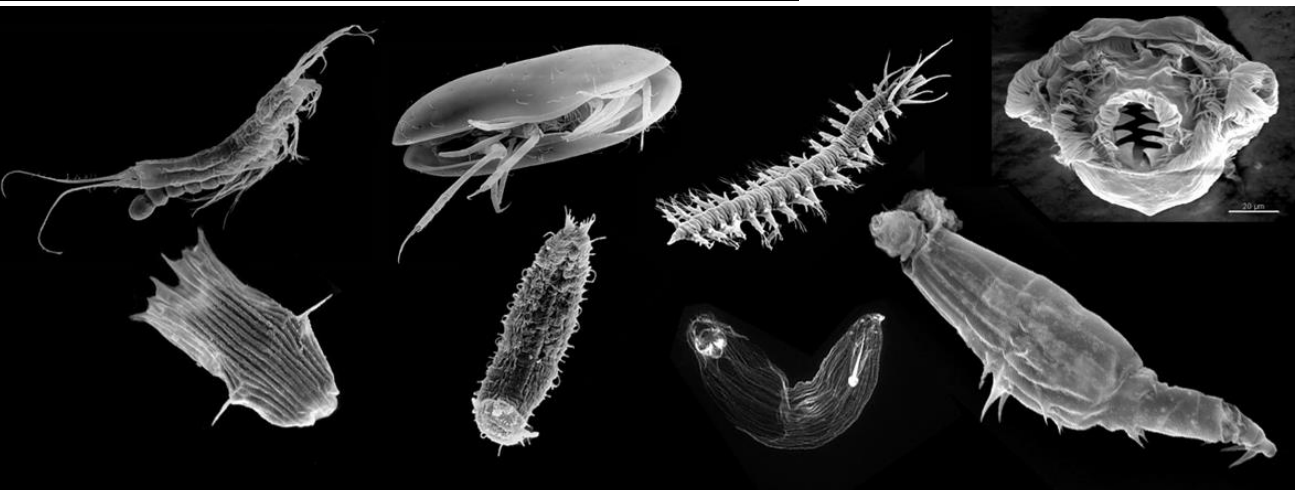
Ζωοβένθος

Κλάσεις μεγέθους στην βενθική πανίδα

Microfauna (<45 μm)



Meiofauna (45 μm – 0,5 mm)



# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

Ζωβένθος

Κλάσεις μεγέθους στην βενθική πανίδα



Macrofauna (0,5 mm – 2 cm)



Megafauna (>2 cm)

### Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών Ζωβένθος

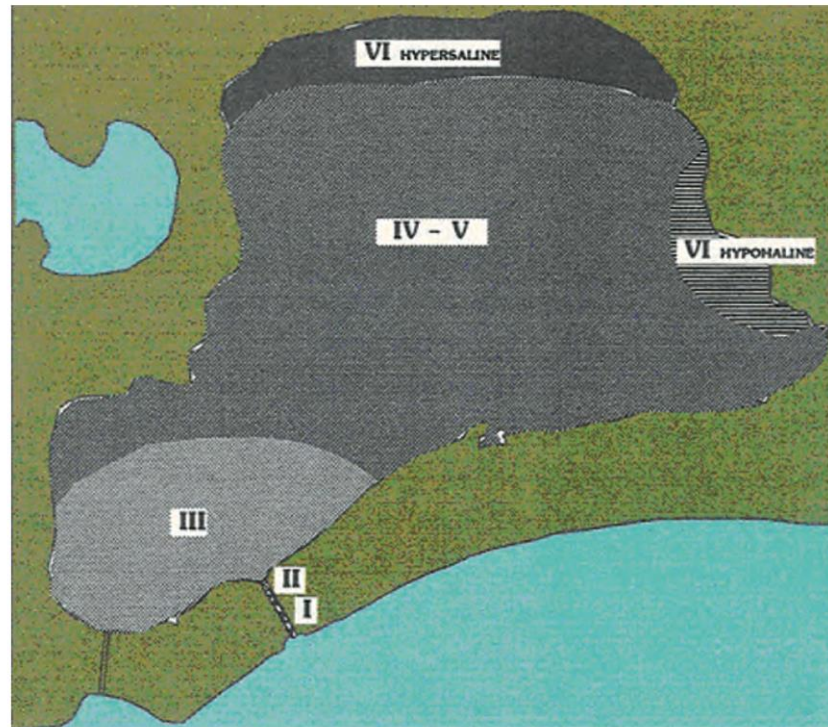


Ενήλικο άτομο και προνύμφες εντόμων της οικογένειας Chironomidae

### Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών  
Ζωβένθος

- Ο πλέον σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας που ελέγχει την κατανομή των βενθικών μακροασπονδύλων στις Ελληνικές λιμνοθάλασσες διαπιστώθηκε πως είναι ο βαθμός απομόνωσης



Η διάταξη των ζωνών απομόνωσης στη λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

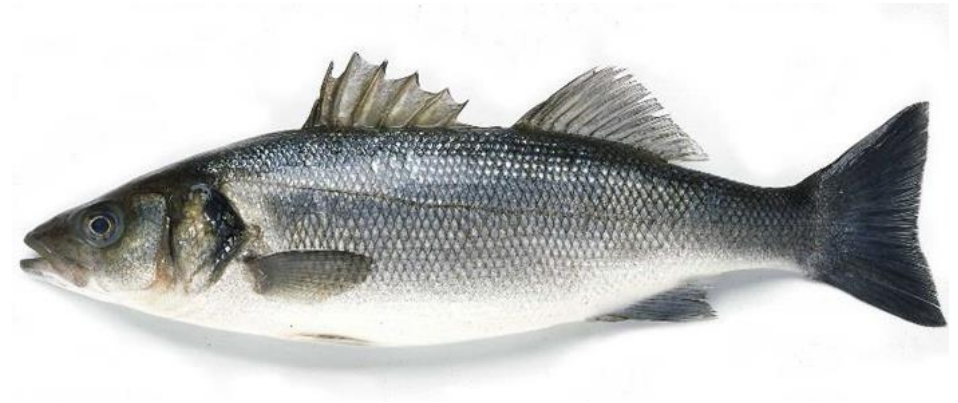
#### Ιχθυοπανίδα

- Τα είδη της ιχθυοπανίδας των Ελληνικών λιμνοθαλασσών μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις ομάδες:
  - **Τυπικά λιμνοθαλάσσια είδη:** Ολοκληρώνουν τον κύκλο ζωής τους στις λιμνοθάλασσες
  - **Μεταναστευτικά είδη θαλάσσιων/υφάλμυρων υδάτων:** Αναπαράγονται στη θάλασσα, αλλά τρέφονται στις λιμνοθάλασσες – εδώ ανήκουν τα καλλιεργούμενα είδη
  - **Θαλάσσια είδη:** Μπαίνουν περιστασιακά στις λιμνοθάλασσες, απαντούν κυρίως στο εξωτερικό τους τμήμα
- Εποχιακή μεταβλητότητα της ιχθυοπανίδας στις λιμνοθάλασσες:
  - Από την άνοιξη ως το φθινόπωρο: υψηλότερος πλούτος ειδών και αφθονίες
  - Χειμώνας: λίγα είδη με χαμηλές αφθονίες

### Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών Ιχθυοπανίδα



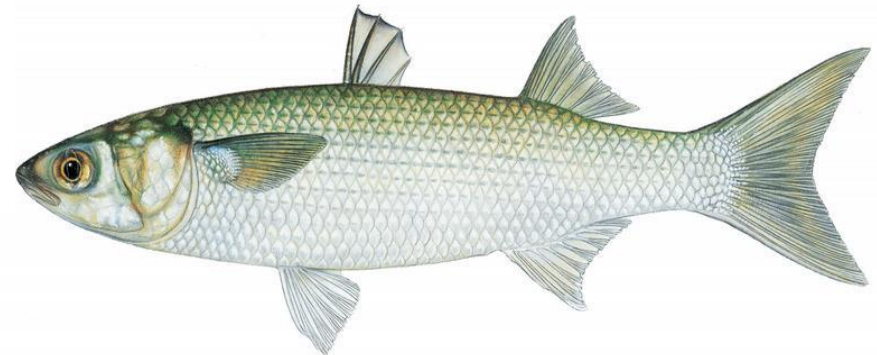
*Aphanius fasciatus*



*Dicentrarchus labrax*



*Anguilla anguilla*



*Mugil cephalus*

Τυπικά είδη της ιχθυοπανίδας των λιμνοθαλασσών

## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Τα βιολογικά στοιχεία των Ελληνικών λιμνοθαλασσών

	Plankton	Phytobenthos	Zoobenthos	Fish
Phytoplankton	<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth	<i>Abra ovata</i> (Philippi, 1836)	<i>Anguilla anguilla</i> Linnaeus, 1758
	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg)	<i>Ceramium flaccidum</i> (Kützinger) Ardissonne	Actiniaria	<i>Aphanius fasciatus</i> Nardo, 1827
	<i>Goniodoma sphaericum</i> Murray & Whitting, 1899	<i>Chaetomorpha aerea</i> (Dillwyn) Kützinger	<i>Armandia cirrosa</i> (Philippi, 1861)	<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810
	<i>Gymnodinium heterostriatum</i> Kofoid & Swezy	<i>Chondria tenuissima</i> (Goodenough & Woodward) C. Agardh	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Poiret, 1789)	<i>Blenius</i> sp.
	<i>Oxyrrhis marina</i> Dujardin	<i>Cladophora liniformis</i> Kützinger	Chironomidae	<i>Chelon labrosus</i> Risso, 1826
	<i>Prorocentrum scutellum</i> Schroder	<i>Cladophora</i> spp.	<i>Corophium orientale</i> Schellenberg 1928	<i>Dicentrarchus labrax</i> Linnaeus, 1758
	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey)	<i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Aschers	<i>Cyclope neritea</i> (Linnaeus)	<i>Diplodus annularis</i> Linnaeus, 1758
	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon	<i>Cystoseira barbata</i> C. Agardh	<i>Gammarus aequicauda</i> (Martynov, 1931)	<i>Diplodus puntazzo</i> Cetti, 1777
	<i>Rhodomonas</i> sp	<i>Ectocarpus</i> sp.	<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	<i>Diplodus sargus</i> Linnaeus, 1758
	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein)	<i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus) J. Agardh	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede, 1864)	<i>Diplodus vulgaris</i> Linnaeus, 1758
Zooplankton	<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1889	<i>Enteromorpha</i> spp.	<i>Idotea baltica</i> (Pallas 1772)	<i>Gobius</i> sp.
	<i>A. discaudata</i> (Giesbrecht, 1881)	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (Gmelin) Silva	<i>Iphinoe serrata</i> (Norman, 1867)	<i>Knipowitschia caucasica</i>
	<i>A. latisetosa</i> (Kritschagin, 1873)	<i>Herposiphonia secunda f. tenella</i> (C. Agardh) Wynne	<i>Loripes lacteus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lithognathus mormyrus</i> Linnaeus, 1758
	<i>Calanipeda aquaedulcis</i> (Kritschagin, 1873)	<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> (A. Costa, 1853)	<i>Liza aurata</i> Risso, 1826
	<i>Centropages kroyeri</i> Karawaev, 1895	<i>Polysiphonia elongata</i> (Hudson) Sprengel	<i>Mytilaster minimus</i> (Poli, 1795)	<i>Liza ramada</i> Risso, 1826
	<i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady, 1883)	<i>Ruppia cirrhosa</i> (Petagna) Grande	<i>Naineris laevigata</i> (Grube, 1855)	<i>Liza saliens</i> Risso, 1810
	<i>Oithona nana</i> Giesbrecht, 1892	<i>Ruppia maritima</i> Linnaeus	<i>Nephtys hombergi</i> (Savigny, 1820)	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758
	<i>O. plumifera</i> Baird, 1843	<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	Oligochaeta	<i>Salpa salpa</i> Linnaeus, 1758
	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	<i>Ulva</i> sp.	<i>Streblospio shrubsolii</i> (Buchanan, 1890)	<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806
	<i>Temora stylifera</i> (Dana, 1849)	<i>Zostera noltii</i> Hornem	<i>Tanais cavolinii</i> (Milne Edwards, 1828)	<i>Sparus aurata</i> Linnaeus, 1758

Τα πλέον σημαντικά είδη των Ελληνικών λιμνοθαλασσών



## Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

### Βιβλιογραφία

#### **Βιβλία**

Barnes R.S.K., 1980. Coastal lagoons. The Natural History of a Neglected Habitat. Cambridge University Press.

Kennish M.J. & Paerl H.W., 2010. Coastal Lagoons. Critical Habitats of Environmental Change. CRC Press.

Kjerfve B., 1994. Coastal Lagoon Processes. Elsevier.

SoHelME, 2005. State of the Hellenic Marine Environment. E. Papathanassiou & A. Zenetos (eds), HCMR Publications.

# Διάλεξη 3. Οικολογία των λιμνοθαλασσών

## Βιβλιογραφία

### Άρθρα

- Bernard J.-P., Frenod E. & Rousseau A., 2013. Modeling confinement in Etang de Thau: numerical simulations and multi-scale aspects. *Dynamical Systems and Differential Equations, DCDS Supplement 2013*, 69–76.
- Dolapsakis N.P., Tzovenis I., Kantourou P., Bitis I., Economou-Amilli A., 2008. Potentially harmful microalgae from lagoons of the NW Ionian Sea, Greece. *Journal of Biological Research* 9, 89-95.
- Evangelopoulos A. & Koutsoubas D., 2008. Seasonal community structure of the molluscan macrofauna at the marine-lagoonal environmental transition at Kalloni solar saltworks (Lesvos Island, NE Aegean Sea, Greece). *Journal of Natural History* 42, 597–618.
- Frénod E. & Goubert E., 2007. A first step towards modelling confinement of paralic ecosystems. *Ecological Modelling* 200, 139–148.
- Frénod E & Rousseau A, 2013. Paralic confinement: models and simulations. *Acta Applicandae Mathematicae* 123 (1), 1-19.
- Guélorget, O. & Perthuisot P., 1992. Paralic ecosystems. *Biological organization and functioning. Vie Millieu* 42, 215-251.
- Kjerfve B. & Magill K.E., 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology* 88, 187 – 199.
- McLusky D.S. & Elliott M., 2007. Transitional waters: A new approach, semantics or just muddying the waters? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71, 359–363.
- Nicolaidou A., Reizopoulou S., Koutsoubas D., Orfanidis S. & Kevrekidis T., 2005. Biological components of Greek lagoonal ecosystems: an overview. *Mediterranean Marine Science* 6, 31–50.