



# **PRINCIPLES OF CONSERVATION BIOLOGY IN TRANSITIONAL WATER SYSTEMS**

## **Mediterranean Solar Saltworks: Biological system, Management, Conservation and Education Issues**

**Professor DROSOS KOUTSOUBAS**

**DEPARTMENT OF MARINE SCIENCES, SCHOOL OF ENVIRONMENT, UNIVERSITY  
OF THE AEGEAN**

**University Hill, 8100, Mytilene, Island of Lesbos, GREECE**

**Tel. +30-2251036814; +30-6945856455 Fax: +30-2251036809**

**<http://www.aegean.gr/marine;drosos@aegean.gr>**



# Table of contents

- ✚ INTRODUCTION to Solar Saltworks
- ✚ BIOLOGICAL SYSTEM in the Solar Saltworks: Case studies from the Mediterranean Sea
- ✚ Biological system and MANAGEMENT of Solar Saltworks
- ✚ CONSERVATION issues in Solar Saltworks
- ✚ RESEARCH & EDUCATION issues related to Solar Saltworks



## Eco-Governance

### Principles of Conservation in TW systems

*Title of the lesson (abbreviated)*

*[Teacher]*



# SALTWORKS - INTRODUCTION



# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

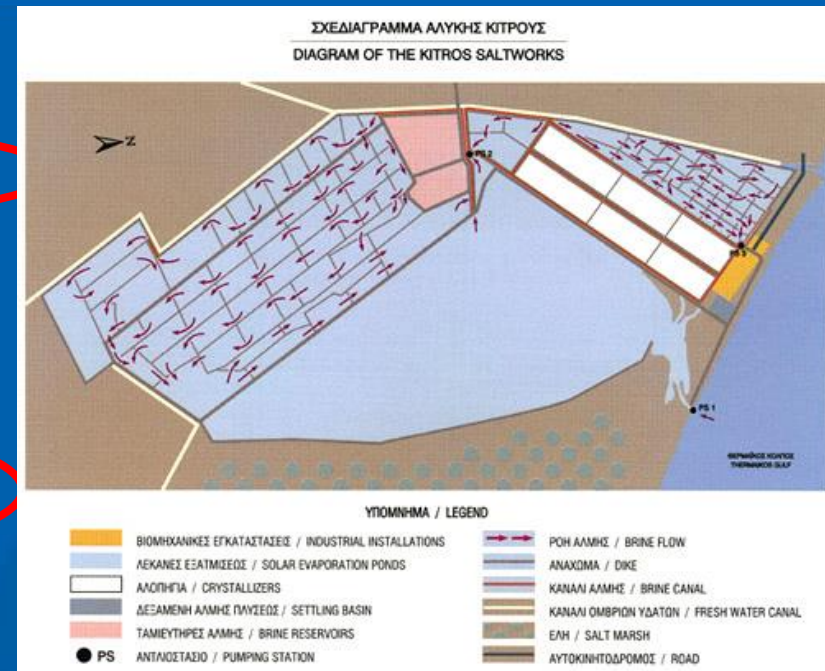
Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



## The solar saltworks biological system

Solar saltworks are **MAN-MADE SYSTEMS** for the extraction of salt from seawater, by means of solar evaporation.

They are also **COASTAL AQUATIC ECOSYSTEMS OF CONSIDERABLE HETEROGENEITY**: They combine a full spectrum of environmental types along a strong salinity gradient, starting with the lagoonal environment of the initial few evaporation ponds and ending in the harsh, extremely hyperhaline environment of the crystallizers.







## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ Solar saltworks are **MAN-MADE SYSTEMS** for the extraction of salt from seawater, by means of solar evaporation.





# Eco-Governance

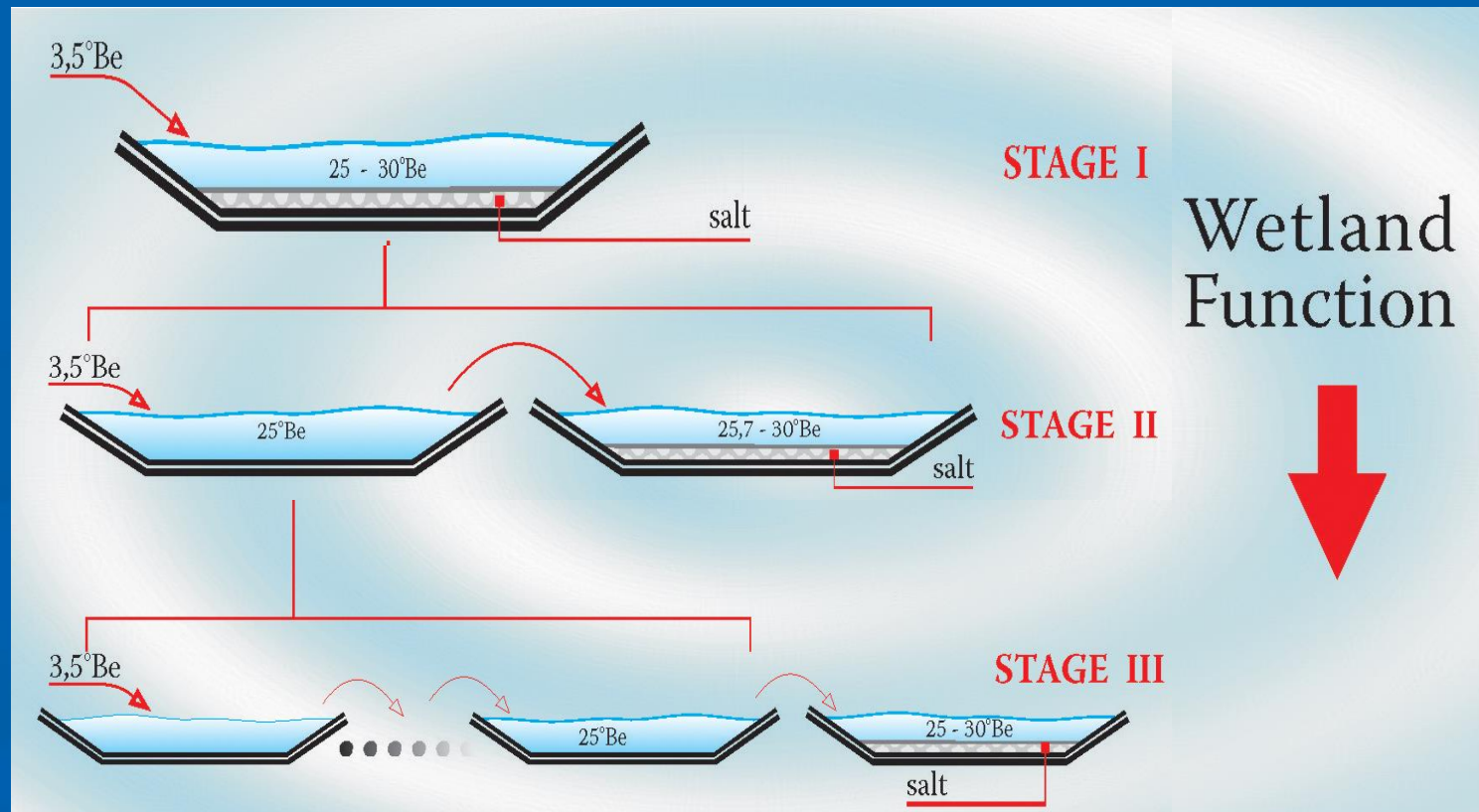
## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ☛ Solar saltworks are **MAN-MADE SYSTEMS** for the extraction of salt from seawater, by means of solar evaporation.





## Salt production world-wide



Salt type	World production
Solar salt	80,000,000 t/y
Rock salt	60,000,000 t/y
Brines	70,000,000 t/y
Total	210,000,000 t/y

## Salt consumption world-wide

Salt user	Salt consumption
Chemical industry	130,000,000 t/y
Food	60,000,000 t/y
Other	20,000,000 t/y



# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

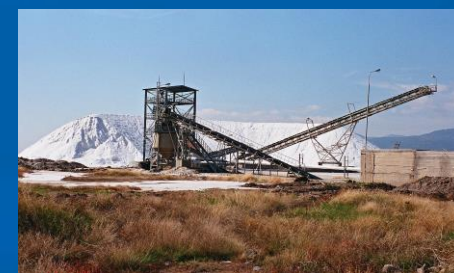
Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



## Main salt uses world-wide



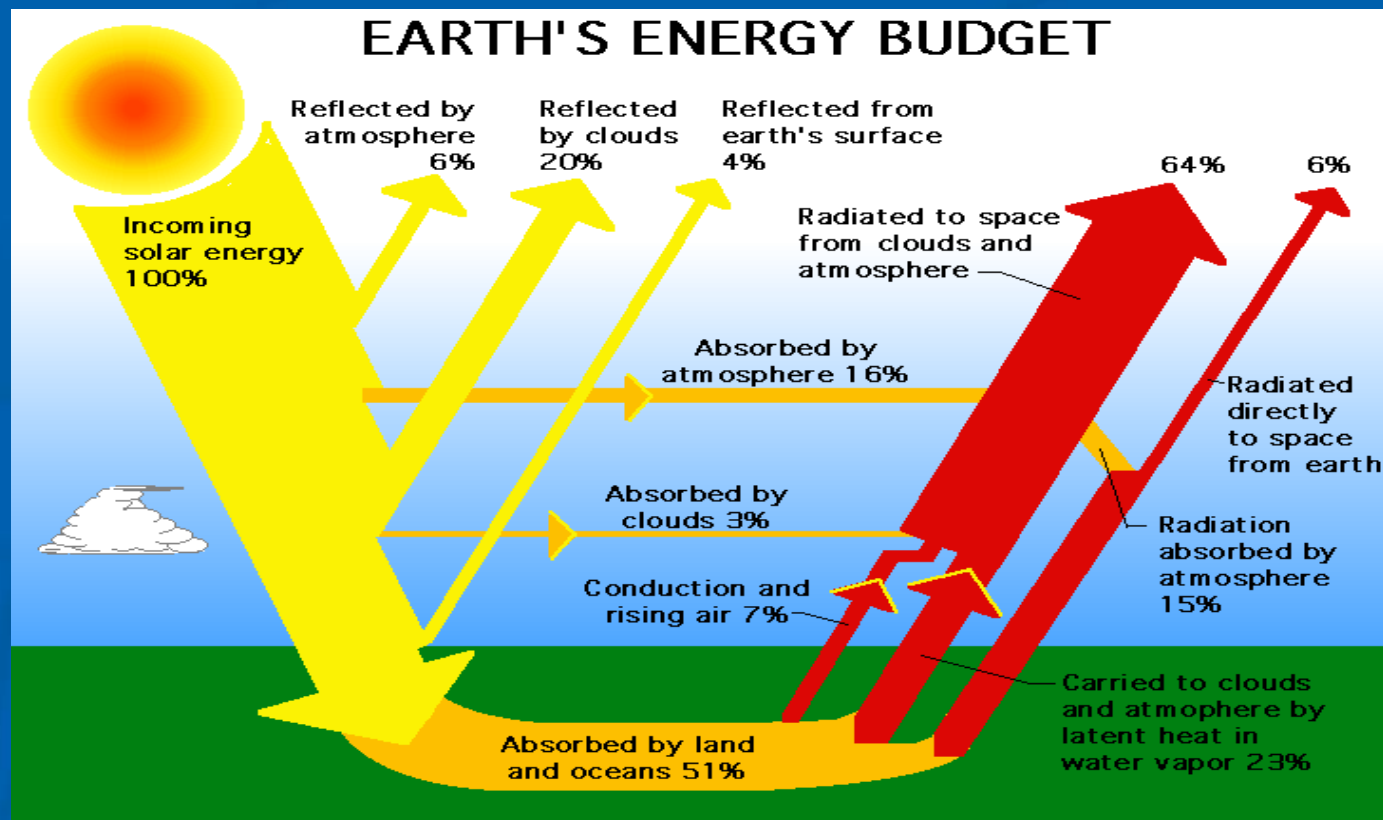
Caustic / Chlorine	36%
Soda Ash	17%
Other Chemicals	3%
Human Consumption	22%
Road De-icing	12%
Other Uses	10%







- **ENVIRONMENTAL BALANCE** of salt production speaks in favour of solar saltworks





## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



Solar saltworks are considered to be habitats of **GREAT ECOLOGICAL IMPORTANCE** and their proper management and conservation are imperative, all the more as **COASTAL AQUATIC ECOSYSTEMS ARE SHRINKING** at a worldwide scale (Primack 2000).



Kalloni Saltworks low salinity ponds





## Eco-Governance

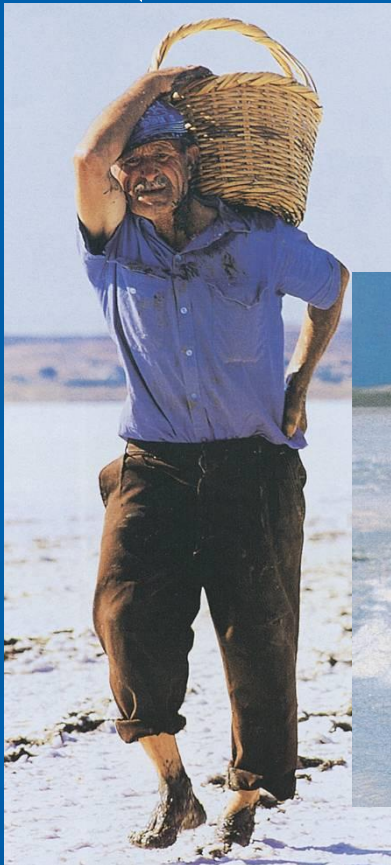
Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



✚ The **BIOLOGICAL SYSTEM** of the solar saltworks, through its diversity and multiplicity of functions is **ESSENTIAL** for the production of **GOOD QUALITY SALT** (Davis 2000; Korovessis & Lekkas 2000).





## Solar salt from poorly managed saltworks



Salt that looks like a crystal, but it is an agglomerate.



The agglomerate can be broken by hand.

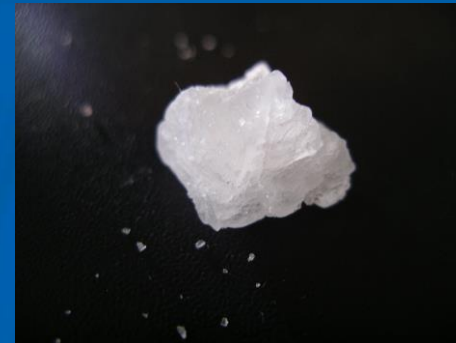


Impurities are imbedded between the small crystal fragments. Salt not well upgradeable.

## Solar salt from well managed saltworks



Hard, clear crystal, impossible to break by hand.



Impurities are only on the crystal surface. The salt is very well upgradeable with low losses.





# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ The **PHYSICAL AND CHEMICAL DIVERSITY** of solar saltworks is reflected in the **DIVERSE FLORA AND FAUNA** that is adapted to and colonises each environmental type in the saltworks system (Davis 2000).





# Eco-Governance

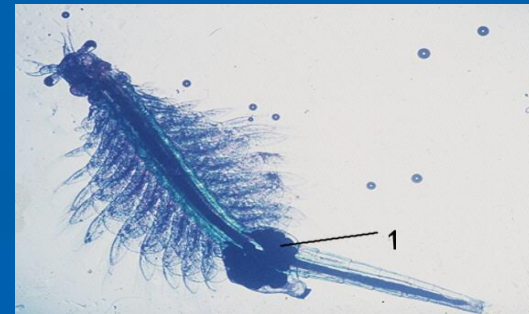
## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- The importance of the biological system of solar saltworks has been appraised mainly in:
  - (1) the importance of **PLANKTONIC ORGANISMS** and **BENTHIC MICROORGANISMS** for the salt production,
  - (2) the **RICH WATERFOWL AVIFAUNA** they usually support and
  - (3) the **PLANKTONIC ORGANISMS** they host that find applications in aquaculture and biotechnology







# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

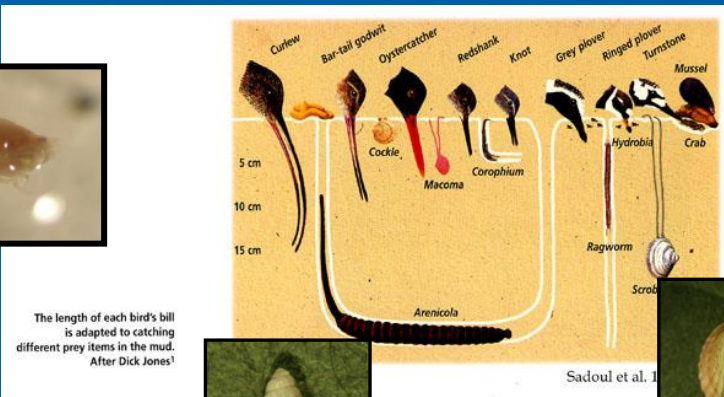
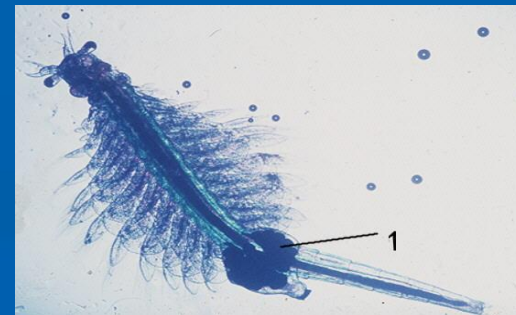
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



**MACROBENTHIC INVERTEBRATES** is a **LESS APPRAISED** but equally important biotic component of saltworks ecosystems

- (1) they are a fundamental **FOOD SOURCE** for the waterfowl,
- (2) they interact with the other biota through **TROPHIC RELATIONSHIPS** and
- (3) they have a considerable impact on the SEDIMENT PROPERTIES e.g. by **BIOTURBATION**.



The length of each bird's bill is adapted to catching different prey items in the mud. After Dick Jones!





## Eco-Governance

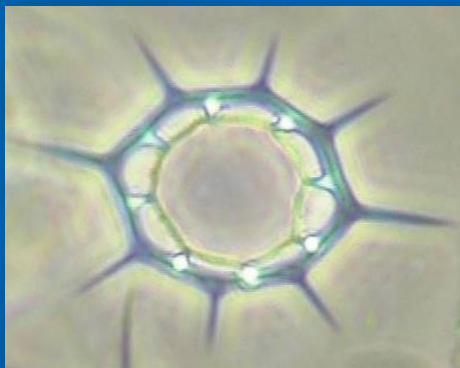
Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ In biological **ASSESSMENT & MONITORING** of all aquatic ecosystems, Phytoplankton and Macrobenthic invertebrates are considered to be two **FUNDAMENTAL QUALITY ELEMENTS OF THEIR ECOLOGICAL STATUS** (Gibson et al. 2000; EC-WFD 2000, EC 2003).
- ✚ Consequently, the **ASSESSMENT** and **MONITORING** of the status of these **BIOTIC COMPONENTS** should be applied in **saltworks ecosystems** as well.







## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- Recent **PUBLICATIONS** that consider the **MACROBENTHIC INVERTEBRATES COMMUNITIES & PHYTOPLANKTON** flora of the saltworks are, comparatively to other coastal ecosystems, **VERY FEW**, with the information given being in most cases only preliminary results (e.g. Vieira & Galhano 1985; Britton & Johnson 1987; Vieira & Amat 1997; Pavlova et al. 1998).



## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

*Title of the lesson:* **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

*Teacher:* **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# SALTWORKS - BIOLOGICAL SYSTEM



# Eco-Governance

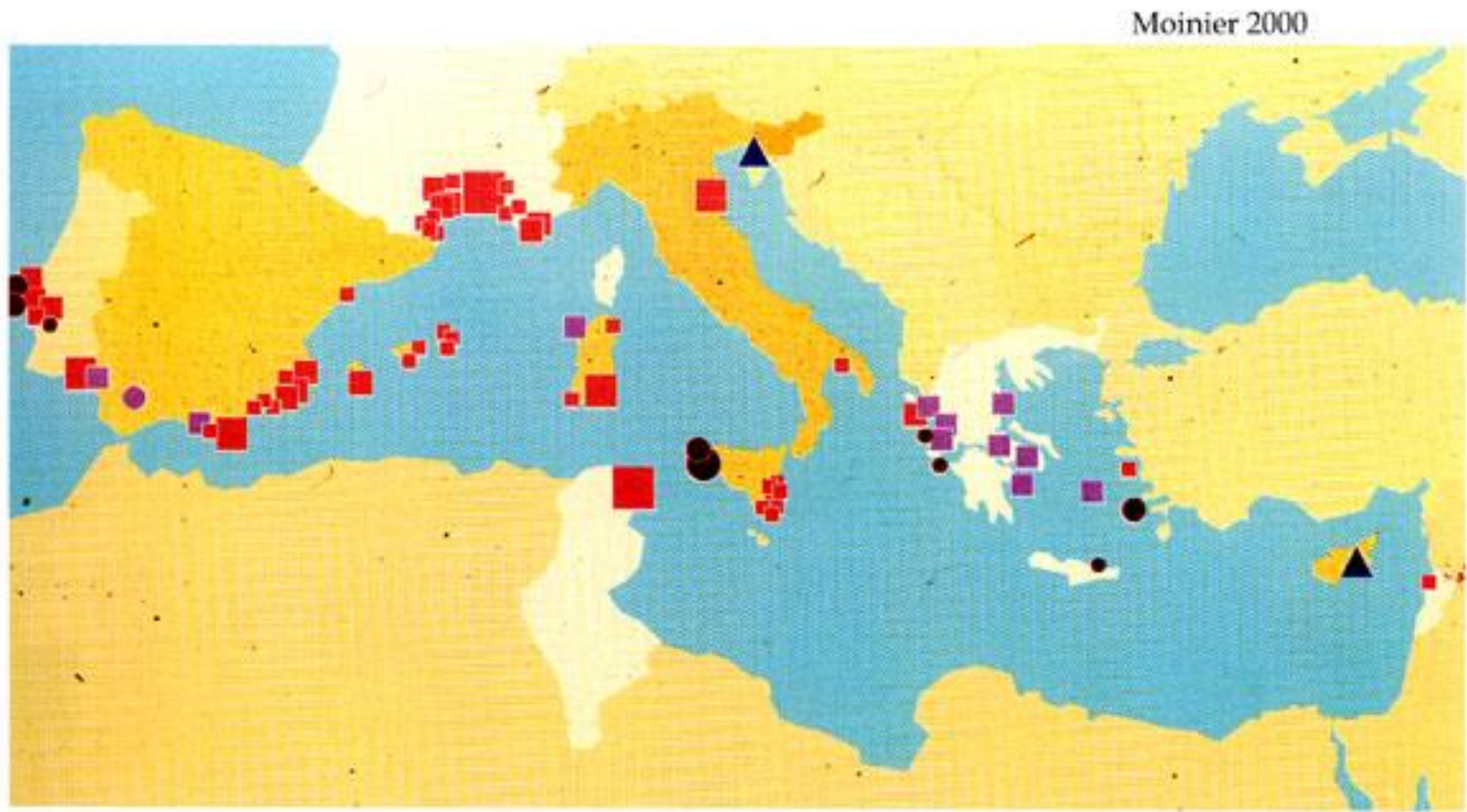
Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



## Mediterranean Solar saltworks





## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ This specific part of the lecture consists a **contribution** to the better understanding of the **BIOLOGICAL SYSTEM STRUCTURE AND FUNCTIONING** in Eastern Mediterranean Saltworks (Study sites: Kalloni Saltworks - Lesvos Island, NE Aegean Sea, E. Mediterranean and Margherita di Savoia - Adriatic Sea, C. Mediterranean).
- ✚ It focuses on the **LOW SALINITY PART OF THE SALTWORKS** (salinity range: seawater - 70 ‰) that has affinities with the ecosystem of natural coastal lagoons.
- ✚ The specific aims of the study on the Saltworks biological system are:
  - (1) to provide comprehensive information on the **SPATIAL VARIATIONS** of PHYTOPLANKTON and MACROBENTHIC INVERTEBRATES DESCRIPTORS (species composition, abundance and biomass) **along the salinity gradient** at the low salinity ponds,
  - (2) to **COMPARE** the **BIOLOGICAL SYSTEM** between the low salinity ponds of SALTWORKS and that of NATURAL COASTAL LAGOONS.





- **Research on macrozoobenthic communities of Mediterranean Saltworks** → **scattered info worldwide till recently** (very few related papers existed, e.g. Britton & Johnson 1987, Pavlova et al. 1998, Vieira & Amat, 1997)
- **Investigation on response of benthic macroinvertebrates descriptors to abiotic stressors** → **salinity gradient or environmental gradient ??**
- **Macrobenthic communities of saltworks** ('semi-natural' ecosystems) → **natural Coastal Transitional Ecosystems** (e.g. lagoons, estuaries)
- **Different Saltworks: similar ecosystems** → **BUT also each one unique?**
- **Macrozoobenthic community diversity - biological management in Saltworks**



# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



### ΧΡΟΝΟΧΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΗΣ ΠΕΛΑΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΕΝΘΙΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΛΥΚΩΝ ΚΑΛΛΟΝΗΣ ΛΕΣΒΟΥ (ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)

**A. Ευαγγελόπουλος, Ε. Ξυρπάρκος, R. Gomez Rocha & Δ. Κουτσούμπας**  
Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Σχολή Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Λόφος Πανεπιστημίου, 81100 Μυτιλήνη

#### εισαγωγή

Οι Αμνοβάλασσες θεωρούνται ως "παράλογα" οικοσυστήματα, μεταβατικά μεταξύ του θαλάσσιου περιβάλλοντος και του περιβάλλοντος της ξηράς (Gueisler & Perthuisot, 1992). Η επικοινωνία με τη θάλασσα είναι περιβαλλοντική και η κυκλοφορία του νερού ελέγχεται κυρίως από τις μεταβολικές συνθήκες. Είναι οικοσυστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από έντονη μεταβλητότητα στις περιβαλλοντικές παραμέτρους και κατά συνέπεια χαμηλό pH στο νερό και επικίνδυνα συσχετισμένα με το παρακείμενο θαλάσσιο περιβάλλον. Παρόμοια όμως υποστηρίζουν υψηλή αφθονία και βιομάζα των πρωτοζωικών ειδών.

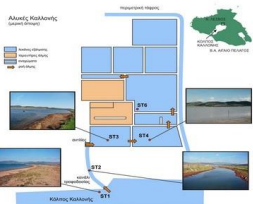
Ο κύριος στόχος της παρούσας μελέτης είναι η αποτύπωση των χρονικών διακυμάνσεων και της χωρικής διαφοροποίησης της μικροβιολογικής πανίδας και του φυτοπλαγκτού κατά μήκος της διαβάθμισης θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον σε ένα μεταβατικό παράκτιο υδατικό οικοσύστημα. Η διαφοροποίηση αυτή εξετάζεται σε συνάρτηση με σχετιζόμενες περιβαλλοντικές παραμέτρους του οικοσυστήματος.

Στην παρούσα ανακοίνωση παρουσιάζονται προκαταρκτικά αποτελέσματα της μελέτης.

#### περιοχή μελέτης

Το οικοσύστημα που έχει επιλεγεί ως περιοχή μελέτης βρίσκεται στην περιοχή των αλυκών Καλλονής Λέσβου, οι οποίες αποτελούν ίσως το σημαντικότερο υδροτόπιο του κάλλου Καλλονής Λέσβου, μια από τις ειδικές περιοχές διατήρησης του θαλάσσιου ΜΑΤΙΕΛΑ 2000. Ο αλυκές είναι ένα τεχνητό οικοσύστημα το οποίο όμως παρουσιάζει πολλά από τα χαρακτηριστικά ενός φυσικού Αμνοβαλασσοτικού οικοσυστήματος.

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει το μεταβατικό παράκτιο υδατικό οικοσύστημα που αποτελούν οι πρώτες Αλκάνες εξάτμισης και το κανάλι παραρροίας των Αλυκών Καλλονής καθώς και το παρακείμενο παράκτιο τμήμα του Κόλπου της Καλλονής (Εκ. 1).



Εικόνα 1. Χάρτης της περιοχής μελέτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας.

#### μεθοδολογία

Πραγματοποιούνται κατά την περίοδο 2003 - 2004 μηνιαίες δειγματοληψίες της πελαγικής ενότητας και επαγωγικές της βενθικής ενότητας σε τριετήσιες σταθμικές δειγματοληψίες (S11 - S14) κατά μήκος της διαβάθμισης θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον (Εκ. 1). Σε μια πρώτη πιλοτική δειγματοληψία περιήλθαν δείγματα μακροβενθικών μαλακίων και από ένα σταθμό δειγματοληψίας στην τεταρτή Αλκάνη εξάτμισης (S16).

Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν τις ακόλουθες παραμέτρους:

**Μηνιαίες δειγματοληψίες**

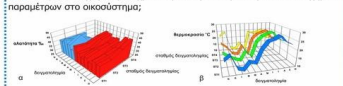
- ✓ ανάγνωση θερμοκρασιακών δατά νερού (Strickland & Parsons, 1968, Liddicoat et al., 1975, 1976).
- ✓ χλωροφύλλη α νερού και των πρώτων 2 cm του υζήματος (εξαρχηματική φθορισμητική μέθοδος των Νεναεα & Ραουσε, 1987). Η δειγματοληψία του υζήματος γίνεται με τη χρήση τυμπανοδυναμητή διαμέτρου 3 cm.
- ✓ σύνθεση και αφθονία των φυτοπλαγκτού (Utermöhl, 1968).

**Επαγωγικές δειγματοληψίες**

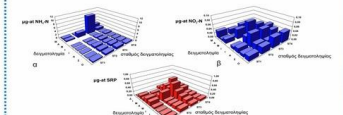
- ✓ σύνθεση, αφθονία καθώς και βιομάζα των μακροβενθικών μαλακίων (Robble & McLellan, 1984). Η δειγματοληψία του υζήματος γίνεται με τη χρήση ερπυστή τύπου Van Veen δειγματοληψιακής επένδυσης 0,1 m με την εξάρτηση της πιλοτικής δειγματοληψίας όπου χρησιμοποιήθηκε ερπυστή τύπου Van Veen δειγματοληψιακής επένδυσης 0,025 m.

#### προκαταρκτικά αποτελέσματα

1. Ποιές είναι οι χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις των φυσικών και χημικών παραμέτρων στο οικοσύστημα;



Εικόνα 2. Διακυμάνσεις αλατινότητας και θερμοκρασίας στους σταθμούς δειγματοληψίας.

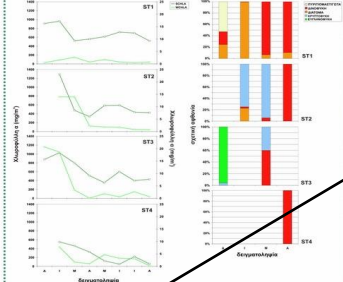


Εικόνα 3. Διακυμάνσεις ανόργανων βρωπικών αλάτων στους σταθμούς δειγματοληψίας.

Η διαβάθμιση της αλκάνισης παρουσιάζει δύο πρότυπα, ένα κατά την μη πρωινή περίοδο των αλύκων (επίτη χροιά), όταν είναι χαμηλότερη στις Αλκάνες εξάτμισης σε σχέση με τη θάλασσα και ένα κατά την παραγωγή περίοδο (κόκκινο χρώμα) στους διαβάθμιση σταθμούς (Εκ. 1α).

Οι χρονικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του νερού είναι έντονης (Εκ. 1β). Παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις ανόργανων βρωπικών αλάτων στο νερό στο κανάλι παραρροίας, στην πρώτη Αλκάνη και δευτερευόντως στη δεύτερη Αλκάνη εξάτμισης σε σχέση με την παρακείμενη τεταρτή Αλκάνη (Εκ. 3α-γ).

2. Ποιές είναι οι χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις του φυτοπλαγκτού και των βενθικών μαλακίων στο οικοσύστημα;



Εικόνα 4. Διακυμάνσεις της χλωροφύλλης α στους σταθμούς δειγματοληψίας.

✓ Οι υψηλότερες τιμές χλωροφύλλης α στο νερό παρατηρήθηκαν κατά τους χειμνες μήνες στο σταθμό S11 και S12, ενώ οι χαμηλότερες στην τεταρτή Αλκάνη εξάτμισης σε σχέση με τη θάλασσα (Εκ. 4).

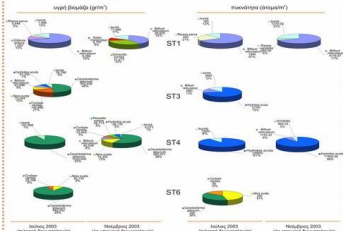
✓ Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης α στο ύψος παρατηρήθηκαν επίσης κατά τους χειμνες μήνες (Εκ. 4).

✓ Οι τιμές χλωροφύλλης α στο ύψος ήταν σποραδικές στην δεύτερη Αλκάνη εξάτμισης σε σχέση με την παρακείμενη τεταρτή Αλκάνη (Εκ. 4).

✓ Η πρωινή συσσώρευση οργανοκέντρων σε όλους τους σταθμούς κατά κύριο λόγο στο ύψος (Εκ. 4).

✓ Στο φυτοπλαγκτό, στη θάλασσα επικρατούν οξεία διανοκίον (π.χ. *Ceratium* spp., *Cylindrocapsa* spp.) και βρωπικών (π.χ. *Thalassiosira* και *Geometron*) μακροβενθικών μαλακίων (*Caprellidae*), ενώ στο κανάλι και στην πρώτη Αλκάνη εξάτμισης επικρατούν πλειθμιακές κούρες ειδών κρυπτοζωικών (*CO2* κρυπτοζώα, Μάρκος 2004) και ευχληνοκούν (15336 κούρες/λίτρο, Δεκέμβριος 2003) ερπυστή (Εκ. 5).

3. Ποιές είναι οι χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις των μακροβενθικών μαλακίων στο οικοσύστημα;



Εικόνα 6. Σχετική υφή βιομάζα και αφθονία μεταξύ των ειδών των μακροβενθικών μαλακίων στους σταθμούς δειγματοληψίας.



Εικόνα 7. Υφή βιομάζα και πυκνότητα των μακροβενθικών μαλακίων ανά μήνα στους σταθμούς δειγματοληψίας.

Εικόνα 8. Δείκτες ποικιλότητας (H) και πλούτου (D) των μακροβενθικών μαλακίων στους σταθμούς δειγματοληψίας.

- ✓ Σε ότι αφορά την αφθονία, επικρατούν τα γαστροπόδα *Bithium reticulatum* (θάλασσα) και *Haplobia* sp. (πρώτη και δεύτερη Αλκάνη εξάτμισης) και τα δίθυρα *Alona* και *Cerithium* (τεταρτή Αλκάνη εξάτμισης) (Εκ. 6).
- ✓ Σε ότι αφορά τη βιομάζα, επικρατούν τα γαστροπόδα *Bithium reticulatum* και το δίθυρο *Dorsodina cornea* (θάλασσα) καθώς και το δίθυρο *Cerastoderma glaucum* (πρώτη Αλκάνη) (Εκ. 6).
- ✓ Τόσο η αφθονία όσο και η βιομάζα των μακροβενθικών μαλακίων αυξάνονται κατά μήκος της διαβάθμισης θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον (Εκ. 7).

Η ποικιλότητα (πλούτος ειδών και συσσώρευση) μειώνεται κατά μήκος της διαβάθμισης θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον (Εκ. 8).

#### συμπεράσματα

- ✓ Η διαβάθμιση θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον στην περιοχή μελέτης αποτυπώνεται στη σύνθεση και την αφθονία του φυτοπλαγκτού. Στο Αμνοβαλασσο περιβάλλον των Αλυκών δεν επηρεάζονται τα δεικτικά και τα δεικτικά της παρακείμενης θαλάσσιας περιοχής αλλά κρυπτοζώα και ευχληνοκούν τα οποία θεωρούνται αντιβιομιακές κούρες. Η ποικιλότητα του φυτοπλαγκτού μειώνεται κατά μήκος της διαβάθμισης θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον.
- ✓ Η διαβάθμιση θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον στην περιοχή μελέτης αποτυπώνεται στη σύνθεση, την αφθονία και τη βιομάζα της πανίδας των μακροβενθικών μαλακίων. Με βάση το σχέδιο δύναμης των παρακείμενων μεταβατικών Μεσογειακών οικοσυστημάτων (Gueisler & Perthuisot, 1992), ο σταθμός της θαλάσσιας ζώνης της περιοχής μελέτης ανήκει στην II ζώνη παραρροίας (θαλάσσιο περιβάλλον), ενώ οι σταθμοί των Αλυκών εξάτμισης στην IV ζώνη παραρροίας (Αμνοβαλασσο περιβάλλον). Τόσο η αφθονία όσο και η βιομάζα των μακροβενθικών μαλακίων αυξάνονται κατά μήκος της διαβάθμισης θαλάσσιο - Αμνοβαλασσο περιβάλλον.

#### βιβλιογραφία

Gueisler, O. and Perthuisot, J. H. (1992). Paralic ecosystems. Biological organization and functioning. VIE. MUSEUM, 42(2), 215-220.  
Holme, N.A. & Kottlow, A.J. (1994). Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 248 pp.  
Liddicoat, M.J., Tobias, S. & Butler, E.I. (1975). The determination of ammonia in seawater. LIMNOL. RES. 10, 111-112.  
Liddicoat, M.J., Tobias, S. & Butler, E.I. (1976). The determination of ammonia in natural waters. LIMNOL. RES. 10, 167-168.  
Naveau, J. & Prouzet, M. (1982). Spectrophotometric determination of chlorophyll and phaeophytin. ARCH. HYDROBIOL. 109, 266-270.  
Parker, J. (1988). A manual methods of seawater analysis. IRL, IRL REP. 80, CANADA 167, 31 pp.  
Utermöhl, H. (1968). Zur quantitativen phytoplankton-analyse. MTT. INT. VEREIN. THEOR. ANGEW. LIMNOL. 9, 1-18.

# HERAKLITOS:

## PhD Research Funding Project, Ministry of Education and Religious Affairs, Greece

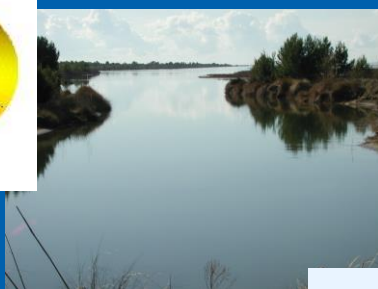


# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean

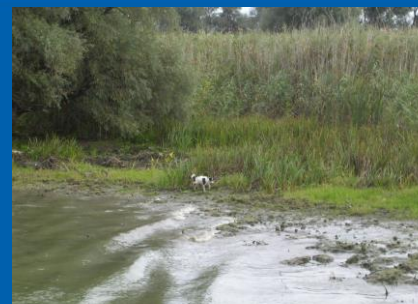


## ALBANIA

Patok

Karavasta

Narta



## ROMANIA

Sinoe

Leahova

## ITALY

Grado-Marano

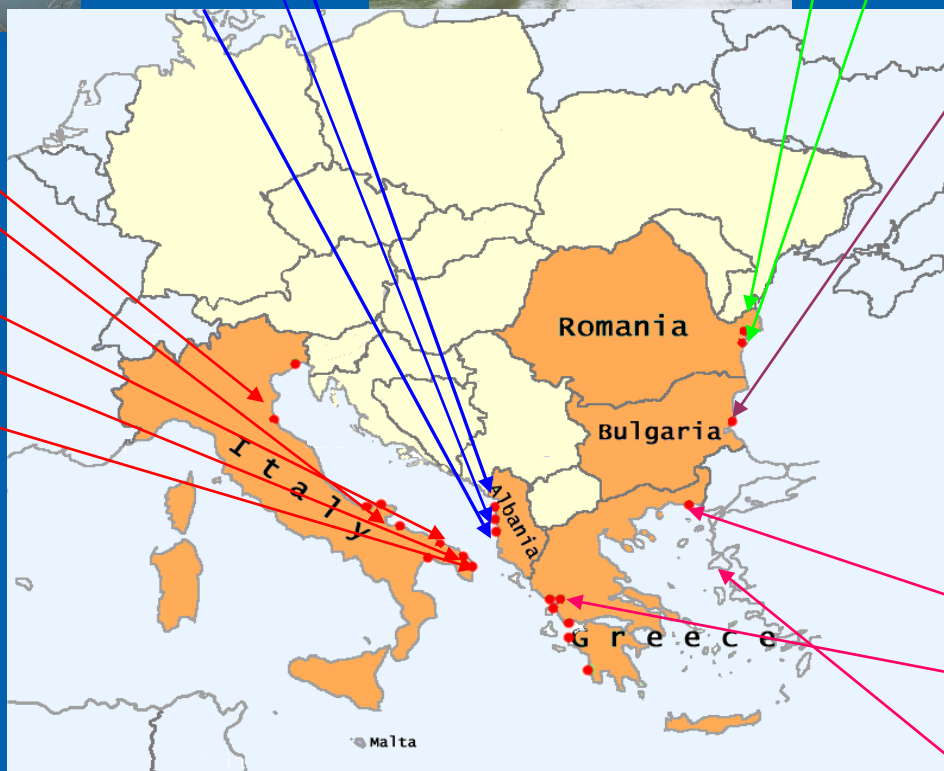
Pialassa Baiona

Margherita di Savoia

Torre Guaceto

Le Cesine

Alimini



## BULGARIA

Varna



## GREECE

Agiasma

Logaurou

Kalloni







# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

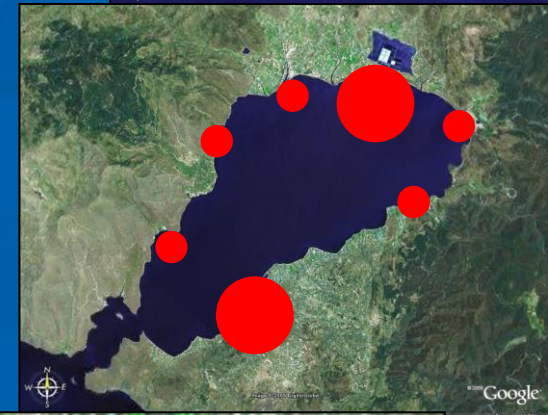
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



### STUDY AREA

- ✚ The study area is located at Kalloni Saltworks (Lesvos Island, NE Aegean Sea, Hellas).
- ✚ Along the coastline of Kalloni Gulf several small wetlands exist, the largest of them being Kalloni and Polychnitos saltworks.
- ✚ Kalloni Gulf, its wetlands and its coastal zone constitute a proposed “Site of Community Interest” in the NATURA 2000 network for the conservation of the diversity of its habitats as well as for the preservation of the nesting, wintering and resting grounds it provides for its rich avifauna.

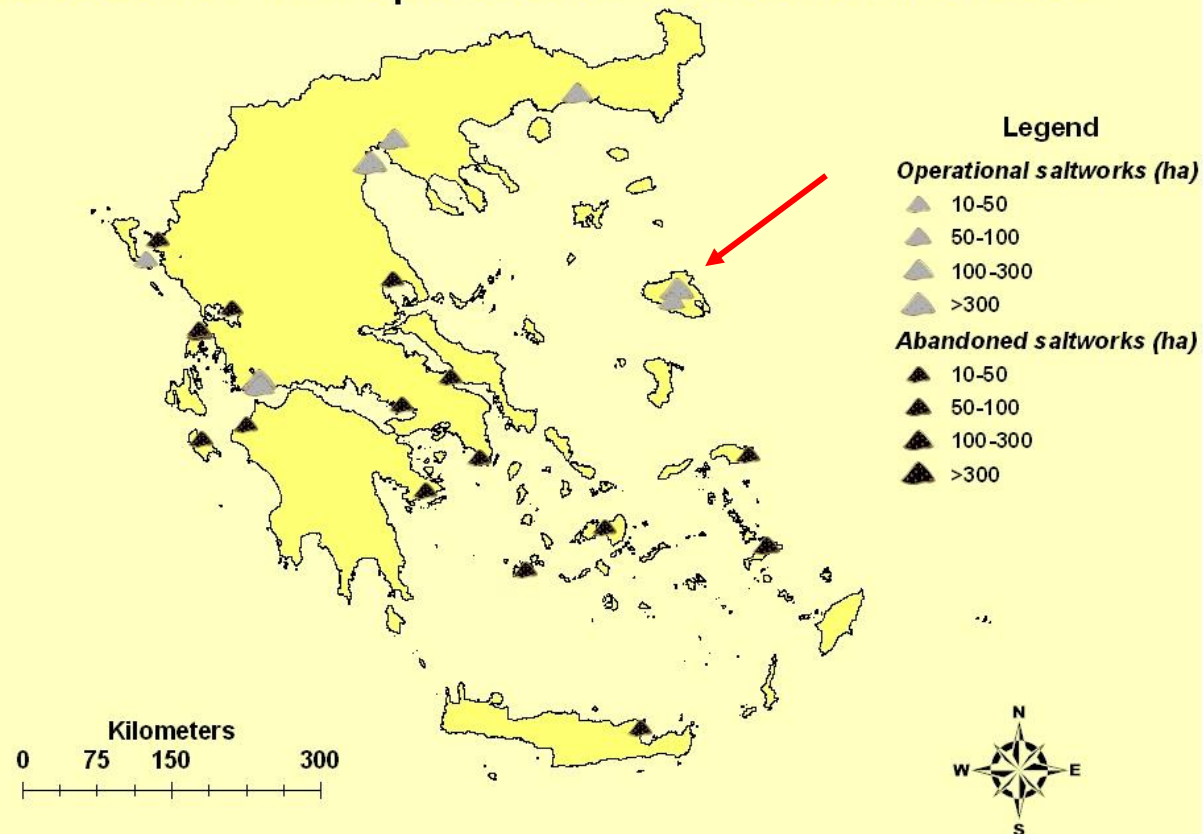






## Kalloni Saltworks: 3rd Biggest saltworks in Greece, NATURA 2000 site

### Abandoned and operational saltworks in Greece





# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

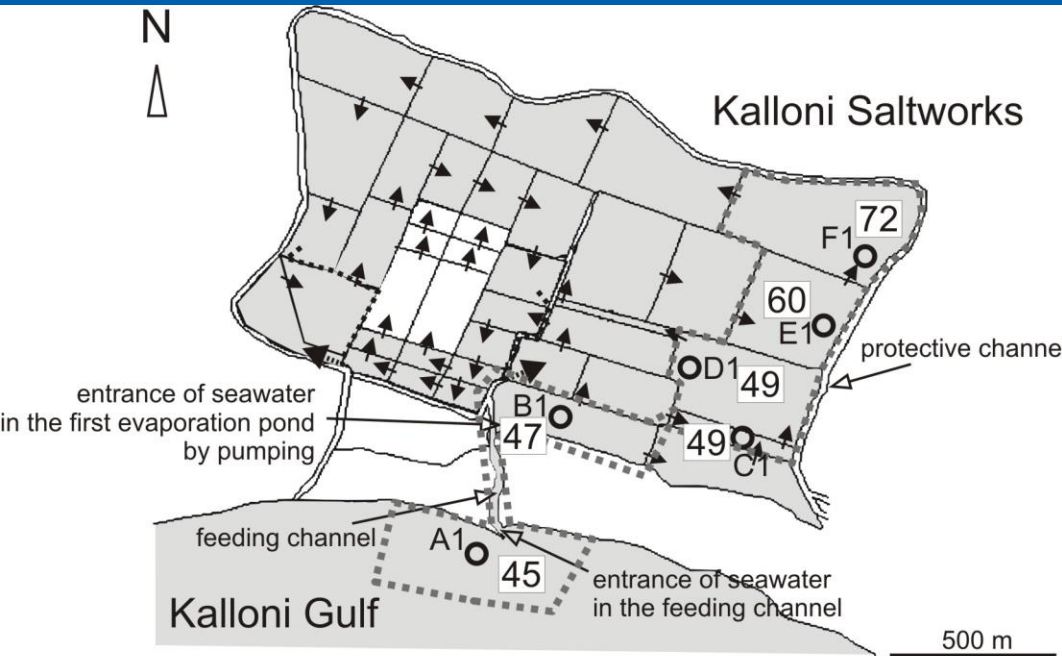
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



### SAMPLING DESIGN

- ✚ Six sampling stations along the salinity gradient (45 - 72 ‰)
- ✚ One sampling, in November 2004



#### Map legend

- Evaporation ponds (including nursing ponds & bittern storage ponds)
- Crystallisers
- 45 Salinity
- Brine flow
- Brine pumping
- Sampling stations
- Study area





## METHODOLOGY

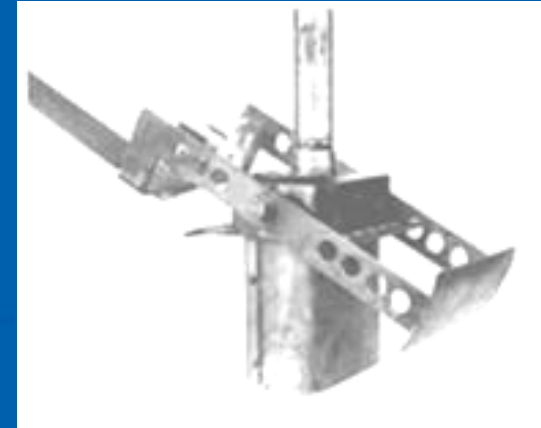
🚧 Samples collected:

(1) **Water column samples** (4 replicate samples) for phytoplankton analyses.

Phytoplankton species were identified and counted in Lugol solution fixed samples according to the Utermöhl method (Utermöhl 1958). Phytoplankton biomass was measured indirectly as Chlorophyll *a* concentration.

(2) **Sediment samples** (5 replicates) for the analyses of the macrobenthic invertebrates (0.5 - 2 cm).

The invertebrates were sorted out in the laboratory, identified, counted and weighted (wet biomass including the shells in the case of molluscs).







## PHYTOPLANKTON

✚ Phytoplankton in the Utermöhl samples were identified into a total of 48 taxa, belonging to:

- (1) Bacillariophyceae
- (2) Dinophyceae
- (3) Euglenophyceae
- (4) Cryptophyceae
- (5) Cyanophyceae
- (6) Haptophyceae
- (7) Dictyochophyceae and
- (8) a group of unidentified Nanophytoplaktonic species.

✚ Most of the taxa identified in the study area belonged to Bacillariophyceae (23) and Dinophyceae (16). The photoautotrophic ciliate *Mesodinium rubrum* was also recorded in the study area.



*Pleurosigma* sp.





# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



✚ **Diatoms (Bacillariophyceae)** were found at **every station** but were **abundant** primarily at the E1 pond station and secondly at the Kalloni Gulf station and F1 pond station (e.g. *Thalassionema* spp., *Cylindrotheca closterium*).

✚ **Dinophyceae** taxa were present at all sampling stations but were **abundant** mainly at the C1 and E1 pond stations (e.g. *Oxyrrhis marina*, *Gymnodinium sanguineum*).

GROUP	TAXON	A1	B1	C1	D1	E1	F1
BACILLARIOPHYCEAE	<i>Thalassionema</i> spp.	█					
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	—				█	█
	<i>Lithodesmium undulatum</i>	—					
	<i>Bacillaria paxillifera</i>	—					
DINOPHYCEAE	<i>Protoperidinium compressum</i>	—	—				
	<i>Ceratium kofoidii</i>	—					
	<i>Prorocentrum arcuatum</i>	—	—				
	<i>Dinophysis sacculus</i>	—					
	<i>Gymnodinium sanguineum</i>		—	—	—	—	—
	<i>Oxyrrhis marina</i>			█	—	—	—
	thecate dinophyceae spp.						█



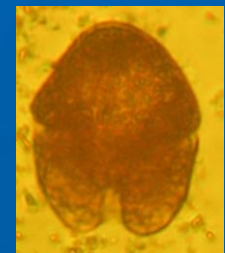
*Thalassionema* sp.



*Cylindrotheca closterium*



*Oxyrrhis marina*



*Gymnodinium sanguineum*



# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS – University of the Aegean**

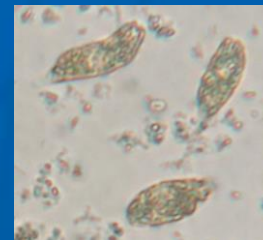


**Euglena acusformis** (class Euglenophyceae) was very abundant at the B1 and C1 pond stations and was also present at the E1 and F1 pond stations.

**Cryptophyceae sp. 1** was recorded at all sampling stations and was abundant at the F1 pond station. A second cryptophycean species (**Cryptophyceae sp. 2**) was also abundant at the F1 pond station.

The photoautotrophic ciliate **Mesodinium rubrum** was recorded at all stations except at the Kalloni Gulf station and the E1 pond station and was abundant at the D1 pond station.

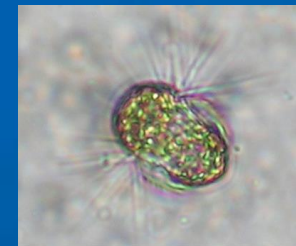
GROUP	TAXON	A1	B1	C1	D1	E1	F1
HAPTOPHYCEAE	Syracosphaera pulchra	—					
DICTYOCOPHYCEAE	Octactis octonaria var. pulchra	—					
EUGLENOPHYCEAE	Euglena acusformis		█	█	—	—	—
CRYPTOPHYCEAE	Cryptophyceae sp. 1	—	—	—	█	—	█
	Cryptophyceae sp. 2						█
CYANOPHYCEAE	Oscillatoriaceae spp.	—			—	—	
	Nostocaceae spp.						—
NANOPHYTOPLANKTON	nanophytoplankton sp. 1	█					
	nanophytoplankton sp. 2						█
CILIATES	Mesodinium rubrum		—	—	█		—



*Euglena acusformis*



Cryptophyceae sp. 1



*Mesodinium rubrum*



# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

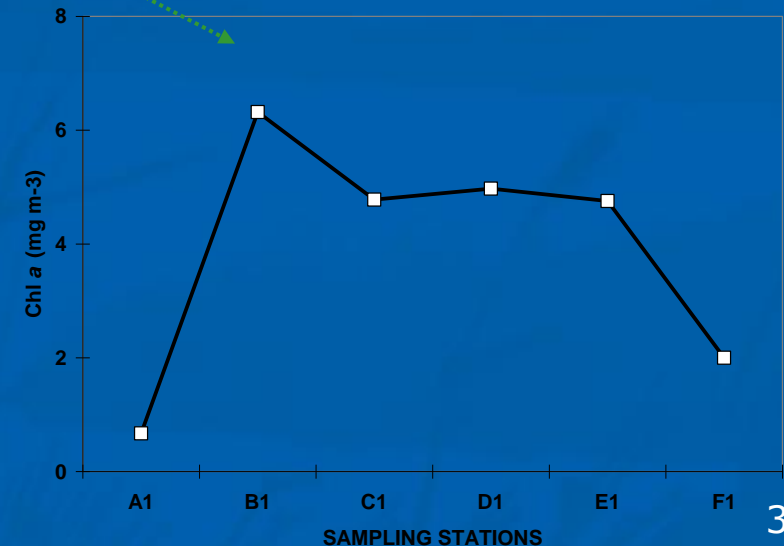
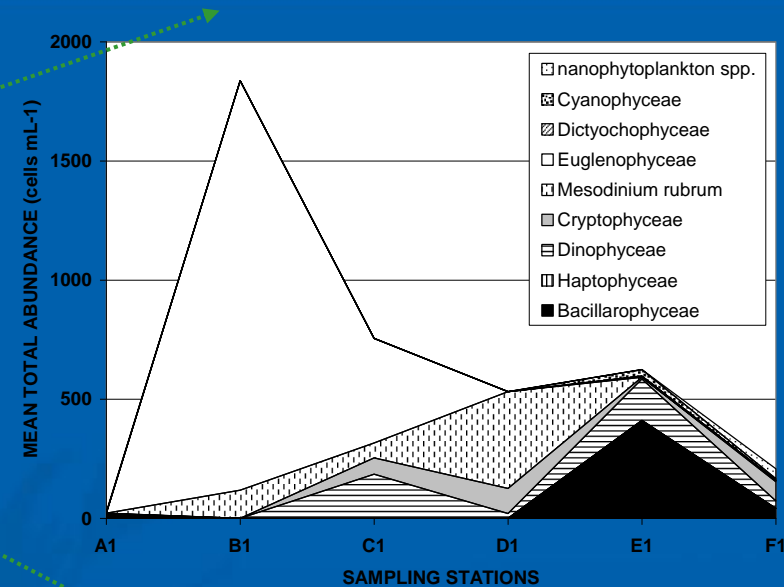
Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



✚ Mean total phytoplankton abundance and biomass (Chl-*a* values) maxima (1718 cells mL<sup>-1</sup> and 6.3 mg m<sup>-3</sup> respectively) were recorded at the B1 pond station due to a *Euglena acusformis* bloom.

✚ Mean total phytoplankton abundance and biomass minima (27 cells mL<sup>-1</sup> and 0.7 mg m<sup>-3</sup> respectively) were recorded at the Kalloni Gulf station.

✚ More phytoplankton taxa were identified at the Kalloni Gulf station than at any other station in the saltworks ponds.





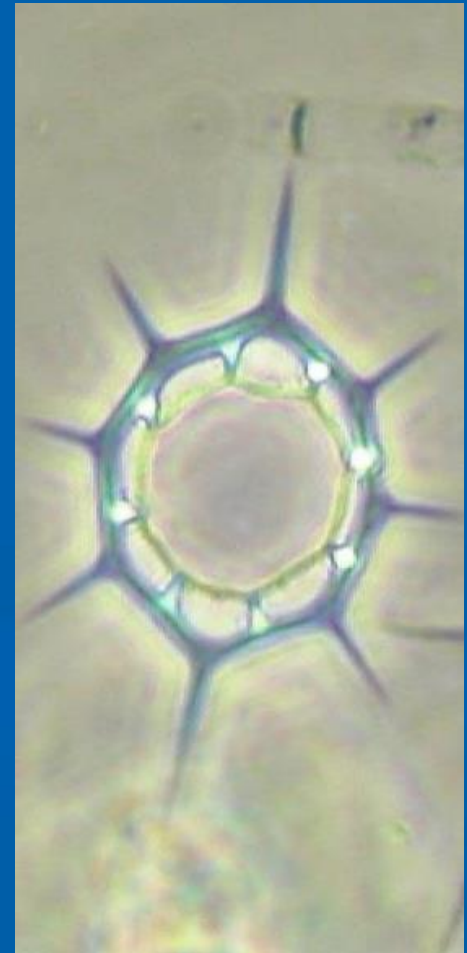


### In many solar saltworks,

- (1) the **low salinity** ponds are characterized by **clear waters**, as microalgae are present in low quantities (Davis 1978, 1990; Javor 1983; Britton & Johnson 1987), a fact that has been attributed to nutrient limitation (Javor 1983).
- (2) the **phytoplankton community** has been reported to be composed mainly of benthic microalgae, i.e. benthic and epiphytic diatoms, dinoflagellates and cyanobacteria (Javor 1983; Davis 1990; Segal et al. 2006).

### In Kalloni Saltworks,

- (1) **Phytoplankton blooms** apparent in particular periods
- (2) **planktonic diatoms, dinophyceae, cryptophyceae** as well as **nanoflagellates**: abundant in low salinity ponds.
- (3) **benthic diatoms and cyanobacteria** were often observed in the water column samples but were not abundant.



*Octactis octonaria* var. *pulchra*



## Eco-Governance

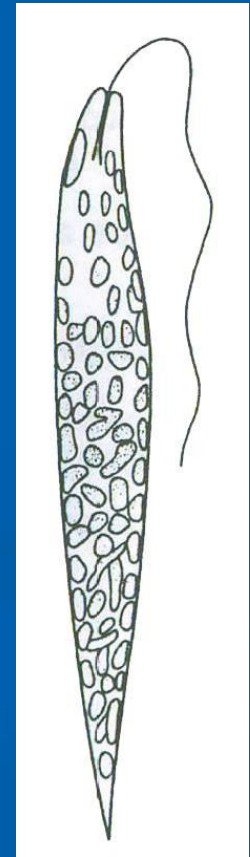
### Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ *Euglena acusformis* was present in all saltworks ponds and constituted the bulk of phytoplankton biomass in the two initial ponds, especially in the first, where it formed a **virtually monospecific algal bloom**.
- ✚ High abundance of *Euglena acusformis* in the first pond has also been observed in the past (December 2003 - Evagelopoulos *et al.* 2005).
- ✚ As euglenoids are known to be favoured by organic enrichment (Reynolds 2006), the recurrent *Euglena acusformis* blooms may consist an indicator of eutrophication in the initial low salinity ponds of the saltworks in winter 2004.
- ✚ This finding contrasts with the oligotrophic character that is generally expected in the low salinity ponds of a solar saltworks (Davis 1978, 1990; Javor 1983; Britton & Johnson 1987).



*Euglena acusformis*  
source: Tomas (1993)



## Eco-Governance

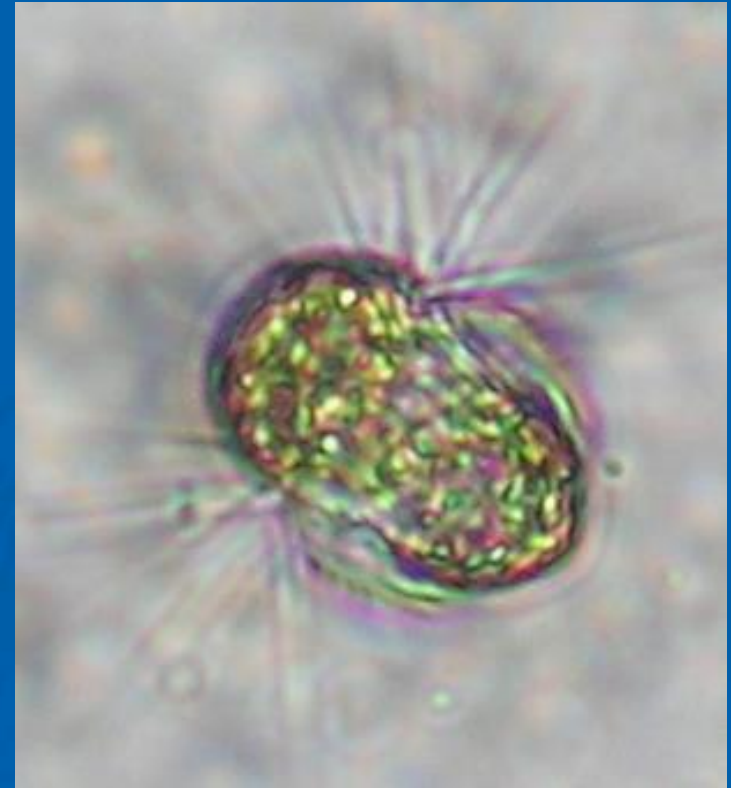
Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ *Mesodinium rubrum* is a photosynthetic planktonic ciliate that forms conspicuous red tides in estuaries and coastal waters (Williams 1996; Crawford et al. 1997; Hansen & Fenchel 2006).
- ✚ As *Mesodinium rubrum* blooms have been linked to coastal eutrophication (Williams 1996), the presence and high abundance of this ciliate species in the low salinity ponds of Kalloni Saltworks may consist another indicator of eutrophication in winter 2004.



*Mesodinium rubrum*





## Eco-Governance

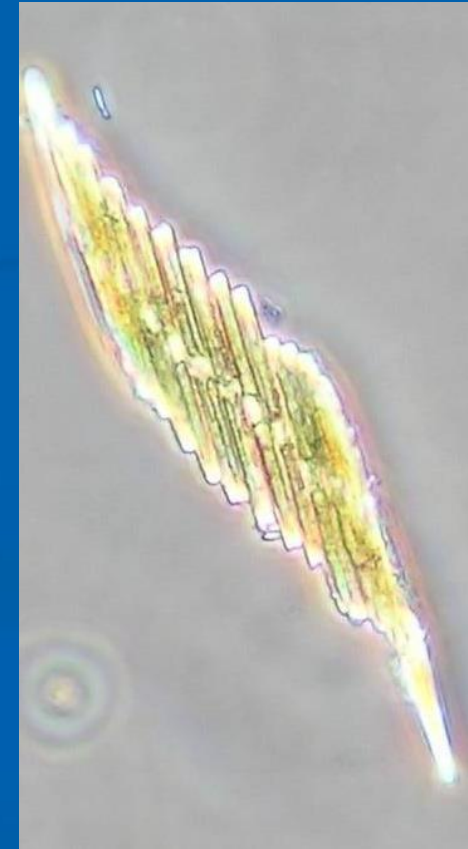
### Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ The finer spatial scale of our sampling scheme enabled us to observe that although many of the abundant species were common to all or most of the ponds, different species were dominant in each individual pond.
- ✚ The abundant species did not belong solely to diatoms, as was reported from other solar saltworks (e.g. Britton & Johnson 1987), but to several other classes as well.
- ✚ Phytoplankton spatial heterogeneity seems thus to be significant in the low salinity ponds at Kalloni Saltworks, at least in terms of the abundant species.



*Bacillaria paxillifera*



## Eco-Governance

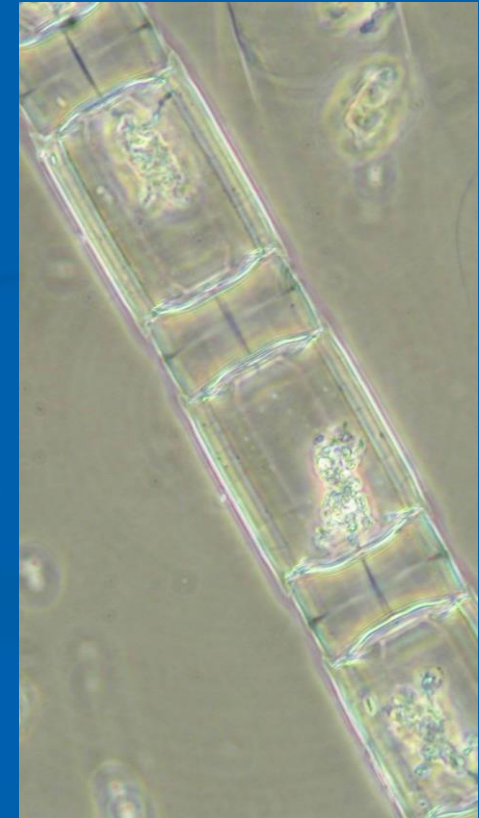
### Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ At the **Kalloni Gulf station (sea)**, the phytoplankton community was more diverse and consisted mainly by species that are typical of coastal marine phytoplankton.
- ✚ In the saltworks pond stations, the phytoplankton assemblages were less species rich, however dominance was stronger and the abundant species either did not occur at the marine or were present there but in low abundances.
- ✚ Total phytoplankton **abundance** and **biomass** were much higher in the pond stations.
- ✚ **Similar observations** have been reported from natural coastal lagoons, a habitat type that has common features with the low salinity ponds of solar saltworks (Guelorget & Perthuisot 1992).



*Lithodesmium undulatum*



## MACROBENTHIC INVERTEBRATES

✚ The macrobenthic invertebrates were identified into a total of 54 taxa, belonging to 5 groups:

- ❑ Mollusca (23)
- ❑ Polychaeta (16)
- ❑ Crustacea (13)
- ❑ Insecta (1)
- ❑ Nemertea (1)







# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



✚ **Molluscan taxa with highest abundance** (to hundreds even thousands of ind.) values were the gastropods *Hydrobia acuta* at the B1 - F1 pond stations and *Bittium reticulatum* at the Kalloni Gulf station (sea) .

✚ **Molluscan species also abundant** (however with much less ind. in relation to the aforementioned) at the Kalloni Gulf station (sea) were the gastropods *Rissoa ventricosa* and *R. guerinii* as well as the bivalve *Tellina donacina*.



*Hydrobia acuta*



*Bittium reticulatum*

GROUP	TAXON	A1	B1	C1	D1	E1	F1
MOLLUSCA	<i>Bittium reticulatum</i>	■					
	<i>Hydrobia acuta</i>		—	—	■	—	—
	<i>Rissoa guerinii</i>	■					
	<i>Rissoa ventricosa</i>	■					
	<i>Tellina donacina</i>	■					
POLYCHAETA	<i>Capitella capitata</i>	—	■			■	
	<i>Scolelepis fuliginosa</i>	■	■				
CRUSTACEA	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>		■				



*Rissoa ventricosa*



*Tellina donacina*



# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- The most abundant species of **Polychaetes** were *Malacoceros fuliginosus* at the Kalloni Gulf station (sea) and B1 pond station and *Capitella capitata* at the Kalloni Gulf station (sea) and B1 and E1 pond stations.



*Malacoceros fuliginosus*

GROUP	TAXON	A1	B1	C1	D1	E1	F1
MOLLUSCA	<i>Bittium reticulatum</i>	■					
	<i>Hydrobia acuta</i>		—	—	■	—	—
	<i>Rissoa guerinii</i>	■					
	<i>Rissoa ventricosa</i>	■					
	<i>Tellina donacina</i>	■					
POLYCHAETA	<i>Capitella capitata</i>	—	■			■	
	<i>Scolelepis fuliginosa</i>	■	■				
CRUSTACEA	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>		■				



*Capitella capitata*



# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ The Amphipod Crustacean *Microdeutopus gryllotalpa* was the only abundant crustacean species at the B1 pond station
- ✚ Insecta were represented by the larvae of a single Chironomidae species at the C1, D1 and E1 pond stations
- ✚ A single Nemertea species was found only at the Kalloni Gulf station (Sea)



*Microdeutopus gryllotalpa*

GROUP	TAXON	A1	B1	C1	D1	E1	F1
MOLLUSCA	<i>Bittium reticulatum</i>	■					
	<i>Hydrobia acuta</i>		—	—	■	—	—
	<i>Rissoa guerinii</i>	■					
	<i>Rissoa ventricosa</i>	■					
	<i>Tellina donacina</i>	■					
POLYCHAETA	<i>Capitella capitata</i>	—	■			■	
	<i>Scolelepis fuliginosa</i>	■	■				
CRUSTACEA	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>		■				



Chironomidae larvae





# Eco-Governance

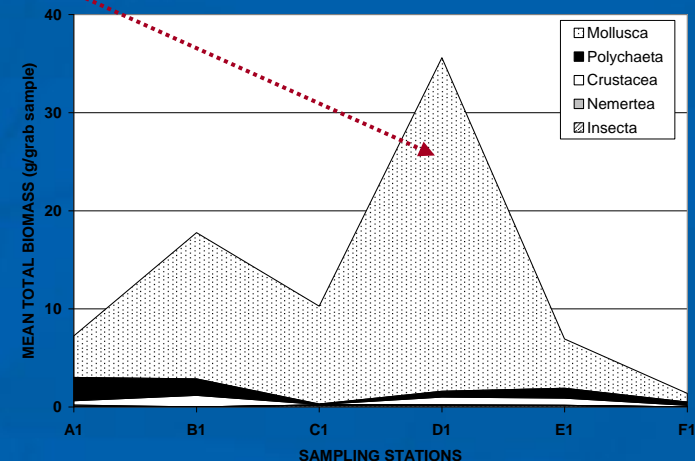
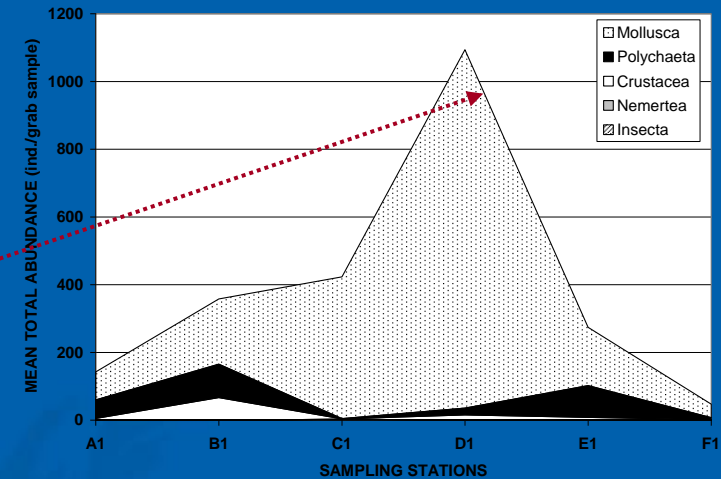
## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS – University of the Aegean**



- Low values of mean total density and biomass were recorded at the Kalloni Gulf station.
- Maxima of mean total density and biomass were recorded at the D1 pond station, mainly due to:
  - the high abundance of *Hydrobia acuta* and
  - the high biomass of *Cerastoderma glaucum*.
- After the D1 station, both mean total abundance and biomass gradually declined to their minima at the F1 pond station.
- Both mean total abundance and biomass were dominated by molluscs at every station.
- Total number of macrobenthic invertebrates species gradually declined along the station sequence, from a maximum of 38 species at the A1 station (i.e sea) to a minimum of 4 species at the F1 station (i.e. most isolated saltworks pond).





✚ The **SPATIAL PATTERN OF MACROBENTHIC INVERTEBRATES** of composition, abundance and biomass in the low salinity ponds of Kalloni Saltworks is **similar** to what has been described in other solar saltworks (e.g. Britton & Johnson 1987) as well as natural coastal lagoons (e.g. Nikolaidou et al. 1988; Koutsoubas et al. 2000a,b; Reizopoulou & Nikolaidou 2004):

- (1) **COMMUNITY STRUCTURE** is characterized by the dominance of “paralic” (=lagoonal) species (e.g. *Hydrobia acuta*, *Abra segmentum*, *Cerastoderma glaucum*) and the gradual disappearance of the marine fauna downstream the pond sequence.
- (2) **Species number** is GRADUALLY DECREASING as water flows downstream, whereas **abundance** and **biomass** are higher in the lowest salinity ponds in comparison to both the adjacent marine area and the higher salinity ponds.



*Abra segmentum*



*Cerastoderma glaucum*



## Conclusions

# Eco-Governance

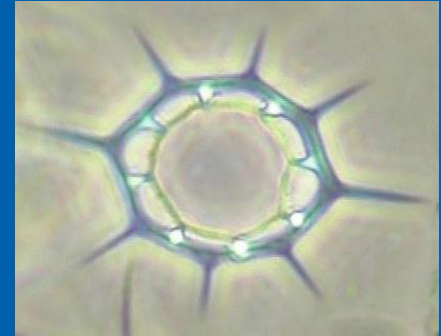
## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



- ✚ The spatial variations of composition, abundance and biomass of both phytoplankton and macrobenthic invertebrates in the study area are in many aspects similar to what has been observed in other solar saltworks and many lagoonal ecosystems across the Mediterranean. However, the observed differences display the **UNIFORM CHARACTER** and dynamics of each one transitional coastal ecosystem.
- ✚ The finer spatial scale of our sampling scheme has revealed that the phytoplankton and macrobenthic invertebrates communities in the low salinity area of Kalloni Saltworks are characterized by a significant diversity and spatial heterogeneity.
- ✚ The *Euglena acusformis* and *Mesodinium rubrum* high abundances that were recorded in the study area during winter 2004 suggest an EUTROPHIC STATUS for at least some of the low salinity ponds of Kalloni Saltworks.







# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

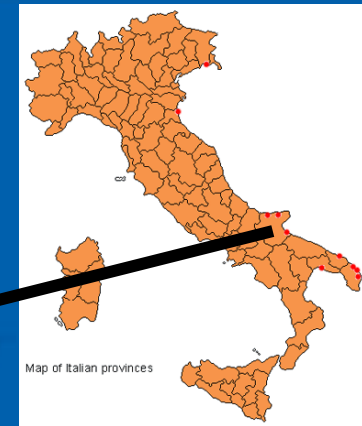
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean

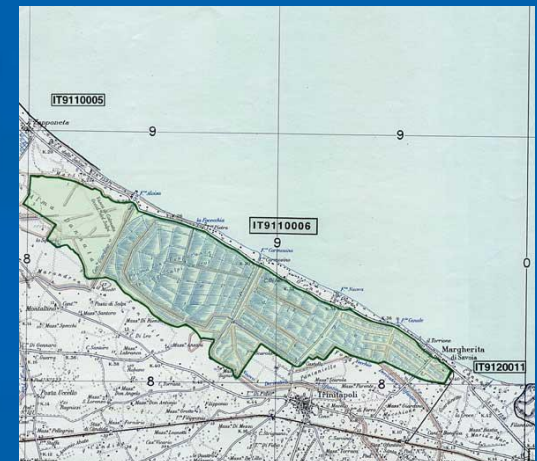


## ADRIATIC - Margherita di Savoia Saltworks Biggest saltworks in the Adriatic sea, RAMSAR site

Water flux



Map of Italian provinces





## ABIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

	KS					MSS							
	B1	C1	D1	E1	F1	1	2	6	7	9	10	11	12
<b>Physical environment</b>													
Distance level from the sea	K1	K2	K3	K4	K5	M1	M1	M2	M2	M3	M3	M4	M4
Depth (m)	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.35	0.35	0.3	0.3	0.5	0.5
Salinity	47	49	49	60	72	58	58	56	56	64	64	87	87
Temperature (°C)	8.2	11.7	7.5	11.6	12.8	14	14	14	14	8	9	10	11
pH	8.25	8.47	8.39	8.37	8.54	7.8	7.9	7.7	7.7	7.8	8.0	8.2	8.1
Dissolved oxygen (mg L <sup>-1</sup> )	8.3	9.2	9.1	9.5	8.7	7.3	7.9	4.1	3.7	6.3	8.4		1.8
TSM (mg L <sup>-1</sup> )	29.47	55.06	58.33	53.51	59.99	36.4	36.4	40.5	40.6	41.6	41.9	26.8	24.3
Phosphate (μM)	0.21	0.20	0.40	0.16	0.07	0.11		0.07		0.11		31.77	
Silicate (μM)	32.88	25.68	53.22	20.76	13.88	0.73		0.26		0.40		4.71	
Ammonium (μM)	1.48	0.97	0.67	0.40	1.20	86.60		11.19		76.02		30.92	
Nitrite (μM)	0.04	0.04	0.09	0.04	0.03	2.68		0.15		0.48		0.83	
Nitrate (μM)	2.08	2.99	4.22	4.69	3.21	7.01		4.76		4.47		6.98	
DIN (μM)	3.60	4.01	4.98	5.13	4.44	96.29		16.10		80.97		38.73	
Sand%	77.69	35.43		33.73	4.66	12	47.5	37.5	59.5	27	63.5	39.5	30.5
Silt%	10.79	25.88		28.07	45.08	81.5	42	56	29	59.5	20	53	47
Clay%	11.52	38.69		38.2	50.26	6.5	10.5	8	11.5	13.5	16.5	7.5	22.5
OM%	1,20	0,62	0,72	1,53	2,04	8,10	10,71	13,13	8,92	16,42	20,28	18,94	14,37



# ABIOTIC ENVIRONMENT

## Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

- **Shallow Depth** (< 0.5m) - sampling areas in KS and MSS
- MSS characterised by a rather **longer salinity gradient**, that starts and ends at comparatively higher salinity levels in comparison with the KS
- **Water column temperature** similar over the study periods
- **TSM** concentration levels higher in KS than in MSS
- **Bottom sediment** in KS **muddy sand** (stations near to sea channel) - **muddy** (innermost stations); **muddy sand** and **muddy** in MSS (bottom sediment grain size distribution **varied considerably** between neighboring sampling stations)





# ABIOTIC ENVIRONMENT

## Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

- **Dissolved O<sub>2</sub>** levels higher in KS - in MSS (low dissolved oxygen concentrations were measured at innermost stations)
- **pH** more alkaline in KS than in MSS
- **Higher concentration levels of Nitrate, Nitrite** and in particular **Ammonium nitrogen** in MSS
- **Ammonium nitrogen** constituted in MSS a much higher percentage of DIN than that in KS
- **Phosphate** concentration levels similar in both study systems (except the much elevated concentration levels at one of the innermost station - M4) in MSS
- **Silicate** concentration levels higher in KS than in MSS



## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

#### Kalloni Saltworks

- ANTHOZOA (1)
- POLYCHAETA (9)
- MOLLUSCA (16)
- CRUSTACEA (8)
- INSECTA (1)
- PHORONIDA (1)



main groups (Species No, Abundance and Biomass)

- ✓ MOLLUSCA
- ✓ POLYCHAETA
- ✓ CRUSTACEA

#### Margherita di Savoia Saltworks

- POLYCHAETA (5)
- OLIGOCHAETA (1)
- MOLLUSCA (4)
- CRUSTACEA (5)
- INSECTA (1)



main groups (Species No, Abundance and Biomass)

- ✓ POLYCHAETA
- ✓ CRUSTACEA
- ✓ MOLLUSCA
- ✓ INSECTA



## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

According to Pérès (1967) typical species of 3 BIOCOENOSES of the Mediterranean were present in the studied saltworks:

- LEE, SVMC, SFHN\* (\*only in KS) → ponds close the seawater channel (lowest salinity)
- LEE and SVMC → intermediate distance from the sea channel ponds (intermediate salinity)
- LEE → innermost areas (highest salinity)

———— Ponds sequence downstream water flow ———→

LEE SVMC SFHN\*  
Lower salinity



LEE SVMC  
Intermediate salinity



LEE  
Highest salinity



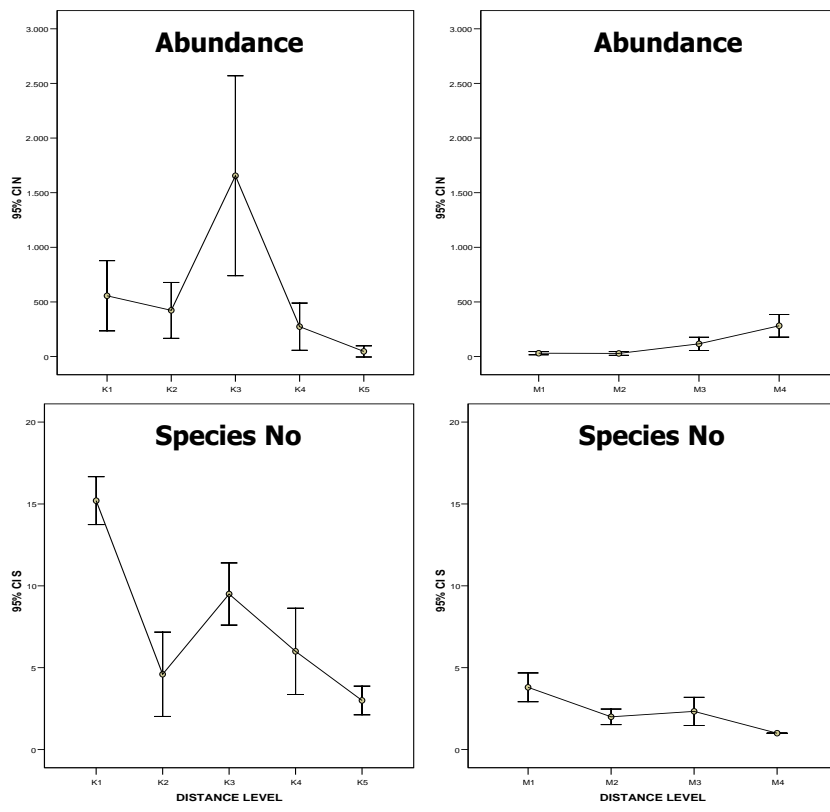


## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

**KS**

**MSS**



□ Higher mean abundance and species number in KS

□ Decrease of species number with increasing salinity and distance from the sea channel

□ Increase of abundance downstream ponds sequence in MSS attributed to *Chironomus salinarius* dominance in the innermost areas

□ Increase of abundance in the intermediate ponds in KS attributed to *Hydrobia acuta* numerical dominance and decrease in the innermost ones

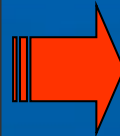
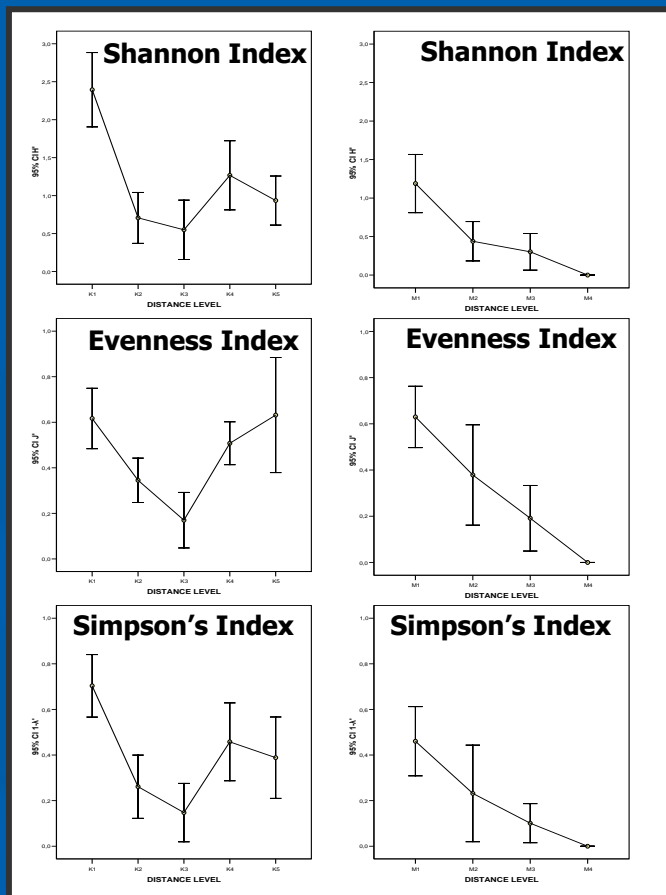


## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

KS

MSS



□ Higher diversity in KS than in MSS

□ Diversity was not linearly decreasing with increasing distance from the seawater channel in MSS ponds

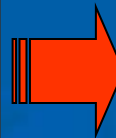
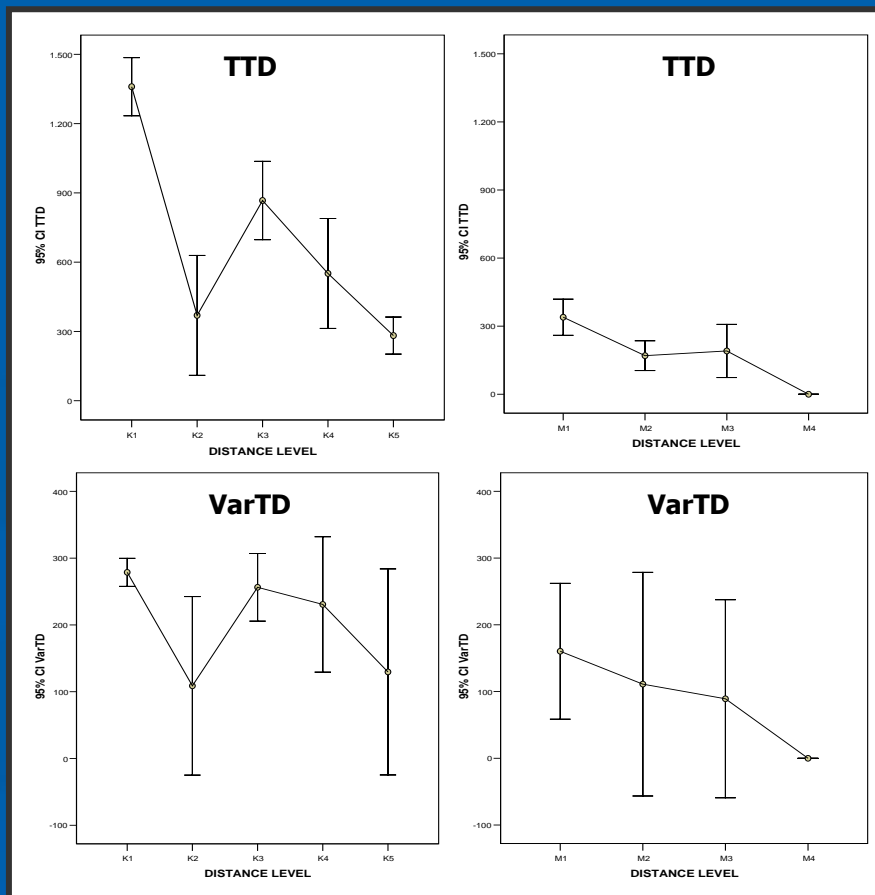


## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

**KS**

**MSS**



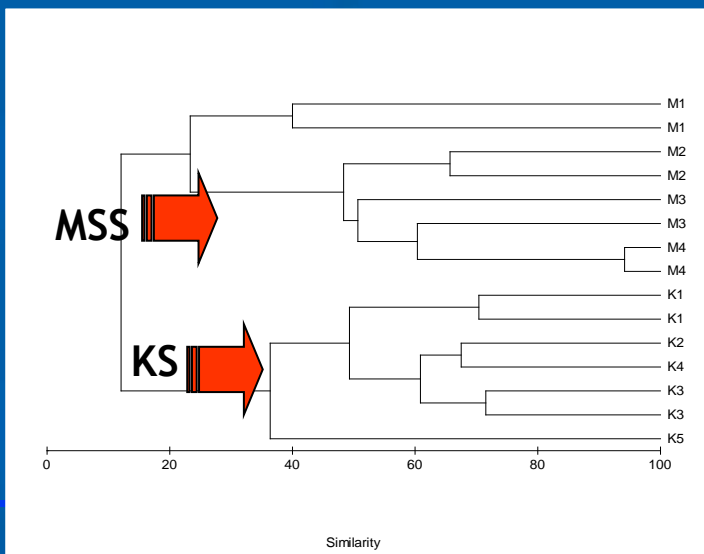
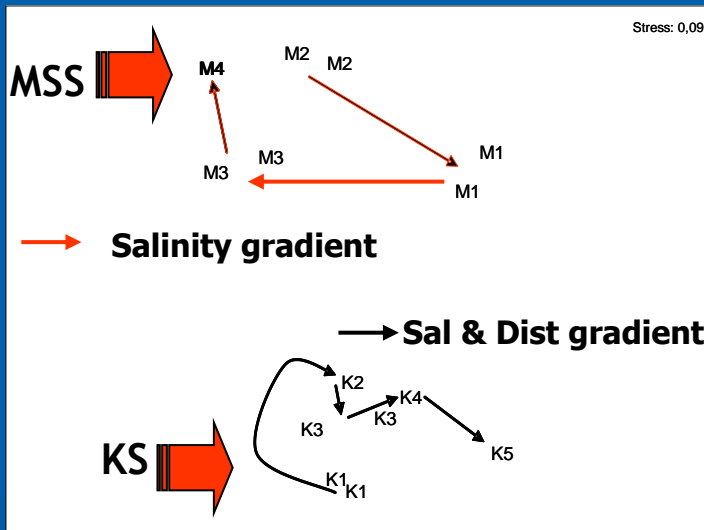
- Taxonomic diversity was higher in KS than in MSS
- Taxonomic diversity was not linearly decreasing downstream ponds sequence
- Variation of Taxonomic diversity was higher in KS





## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)



□ Pronounced separation (ANOSIM Global R: 0.8 ,  $p < 0.1$ ) considering community structure pattern between KS and MSS

□ 3 major groups of areas in KS: 1<sup>st</sup> - ponds close to the sea channel, 2<sup>nd</sup> - intermediate distance from the sea inlet ponds, 3<sup>rd</sup> innermost ponds (ANOSIM Global R: 0.9,  $p < 0.1\%$ )

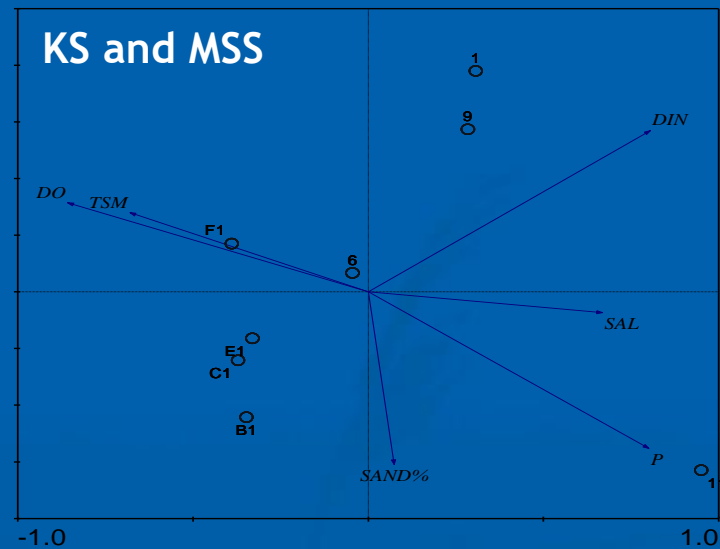
□ 4 major groups in MSS where the stations of each pond constitute a separate group (ANOSIM Global R: 0.9,  $p < 0.1\%$ )

□ No pronounced differences in community structure pattern within each pond for both saltworks in most of the cases (NO INTRA HABITAT DIFFERENCES)



## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)



□ The two study areas were clearly separated along the strong environmental gradient represented by the first PC axis (54% of total variance)

□ in MSS: ↑ Inorganic nutrients ,  
 ↑ Salinity, ↓ Dissolved Oxygen levels ↓ TSM

□ in KS: ↓ Inorganic nutrients  
 ↓ Salinity, ↑ Dissolved Oxygen levels ↑ TSM

PCA ordination

Separation of the two saltworks

□ Differences in Dis. Oxygen concentration, Inorganic nutrients concentrations, TSM and Salinity levels: main environmental factors separating the two Saltworks



## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

❑ Typical ‘paralic’ species, widely distributed in Mediterranean **TRANSITIONAL WATER ECOSYSTEMS**, are present in both Saltworks (e.g. *Cerastoderma glaucum*, *Abra segmentum*, *Capitella capitata*, *Hediste diversicolor*, *Microdeutopus gryllotalpa*) → Saltworks should be considered as typical wetlands with great economic and ecological significance

❑ In both Saltworks dominant major taxonomic groups **MOLLUSCA**, **POLYCHAETA**, **CRUSTACEA** - only in Margherita di Savoia + **INSECTA** → however with varied degree of numerical representation (in terms of species number and abundance)

❑ Certain species present in one study site not in the other → (e.g. *Pirenella conica* in Kalloni saltworks, *Nainereis laevigata* in Margherita di Savoia)





## BIOTIC ENVIRONMENT

### Kalloni Saltworks (KS) - Margherita di Savoia Saltworks (MSS)

- ❑ Investigation of macrozoobenthic community pattern suggests that a **STRONG COMMUNITY STRUCTURE GRADIENT** is evident in both Saltworks regardless of the substantial differences between them (abiotic environment - Dissolved Oxygen, Sediment type, Nutrients; diversity levels; species composition)
- ❑ Kalloni Saltworks presented higher diversity levels important stressors (e.g. Nutrients, Oxygen level) seem to play a significant role in diversity aspects
- ❑ The Macrozoobenthic invertebrates distribution pattern reveals a grouping of at least 3 major areas (lowest - intermediate - highest salinity) in both Saltworks
- ❑ Diversity not linearly related to salinity in both saltworks; in correspondence to highest salinity levels diversity levels are low
- ❑ Apart from salinity, a set of additional environmental factors seems to regulate community structure in the 2 Saltworks 'environmental' gradient<sup>56</sup>



### MAIN POINTS TO BE KEPT in mind .....

- ❑ Saltworks should be considered as **TYPICAL TRANSITIONAL WATER ECOSYSTEMS** (i.e. lagoons and estuaries) as reveals research concerning biota composition and dynamics
- ❑ The spatial variations of composition, abundance and biomass of both phytoplankton and macrobenthic invertebrates in different study areas are in many aspects **SIMILAR** to what has been observed in other solar saltworks worldwide and many lagoonal ecosystems across the Mediterranean. However, the observed differences display the **UNIFORM CHARACTER** and dynamics of each one Transitional Coastal Ecosystem.
- ❑ **Macrobenthic invertebrates communities in the low salinity areas of Mediterranean Saltworks are characterized by a SIGNIFICANT DIVERSITY AND SPATIAL HETEROGENEITY**



## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

*Title of the lesson:* **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

*Teacher:* **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# SALTWORKS - MANAGEMENT





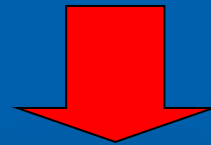
# Concepts for Confronting Management in Solar Saltworks - Salt Production

- A **BIOLOGICAL SYSTEM** able to *help* or *harm* production *inevitably* develops in every saltworks
- A biological system includes all organisms in the water and on pond floors
- Saltworks design must include and facilitate **BIOLOGICAL MANAGEMENT**



# Concepts for Confronting Management in Solar Saltworks - Salt Production

Saltworks designed to facilitate biological management

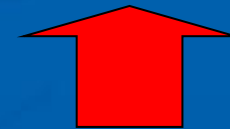
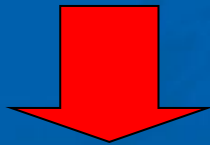


main goal: **DEVELOP AND MAINTAIN** biological systems  
**HELPFUL** to salt production



# Concepts for Confronting Management in Solar Saltworks - Salt Production

HELPFUL SYSTEMS Can Change to *Harmful Systems*.



*Harmful Systems* Can Change to HELPFUL SYSTEMS.





# Concepts for Confronting Management in Solar Saltworks - Salt Production

Characteristics of Communities in a *Helpful* BIOLOGICAL SYSTEM

**LOW SALINITY PONDS** (60% of the surface area) - Suspended microorganisms (**PLANKTON**)

- ❑ Produces **ORGANIC SUBSTANCES** sufficient only to create and maintain effective bottom communities and to power the entire biological system at desired levels
- ❑ **CONSISTS OF** unicellular and multicellular Algae, Bacteria, Cyanobacteria and Protozoa

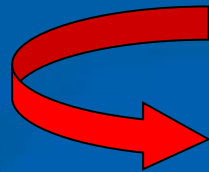


# Concepts for Confronting Management in Solar Saltworks - Salt Production

Characteristics of Communities in a *Helpful* BIOLOGICAL SYSTEM

## LOW SALINITY PONDS - BENTHIC ORGANISMS

Large variety of well represented benthic organisms  
arranged in several layers



- Controls leakage
- Locks away nutrients
- Delivers nutrient-depleted water to downstream ponds
- Maintains desired thickness

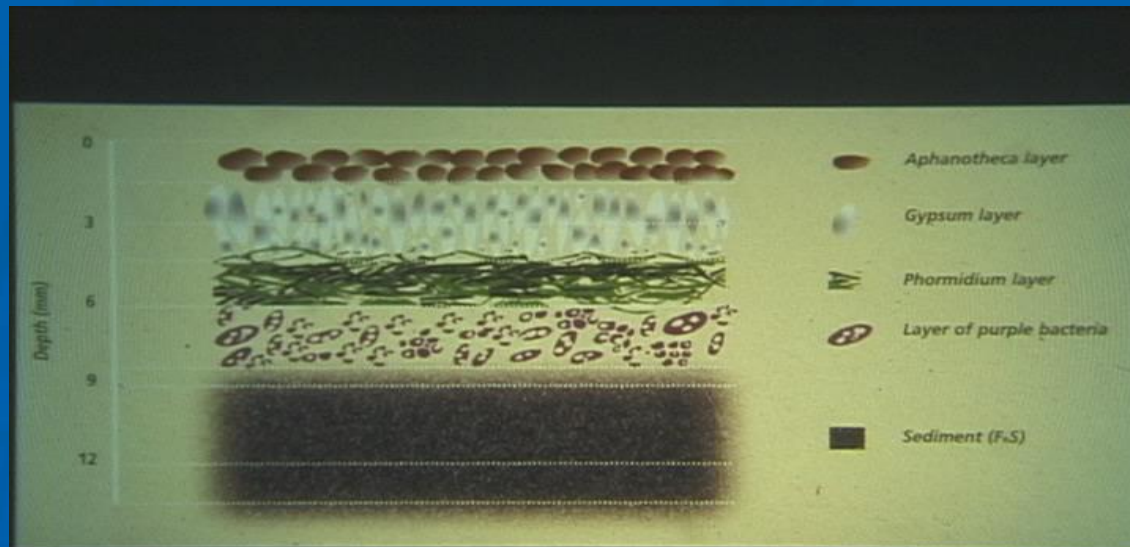


# Concepts for Confronting Management in Solar Saltworks - Salt Production

Characteristics of Communities in a *Helpful* BIOLOGICAL SYSTEM

## LOW SALINITY PONDS - BENTHIC ORGANISMS

Nutrient Sequestration by the Benthic Community







## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

*Title of the lesson:* **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

*Teacher:* **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# SALTWORKS - CONSERVATION



## Eco-Governance

### Principles of Conservation in TW systems

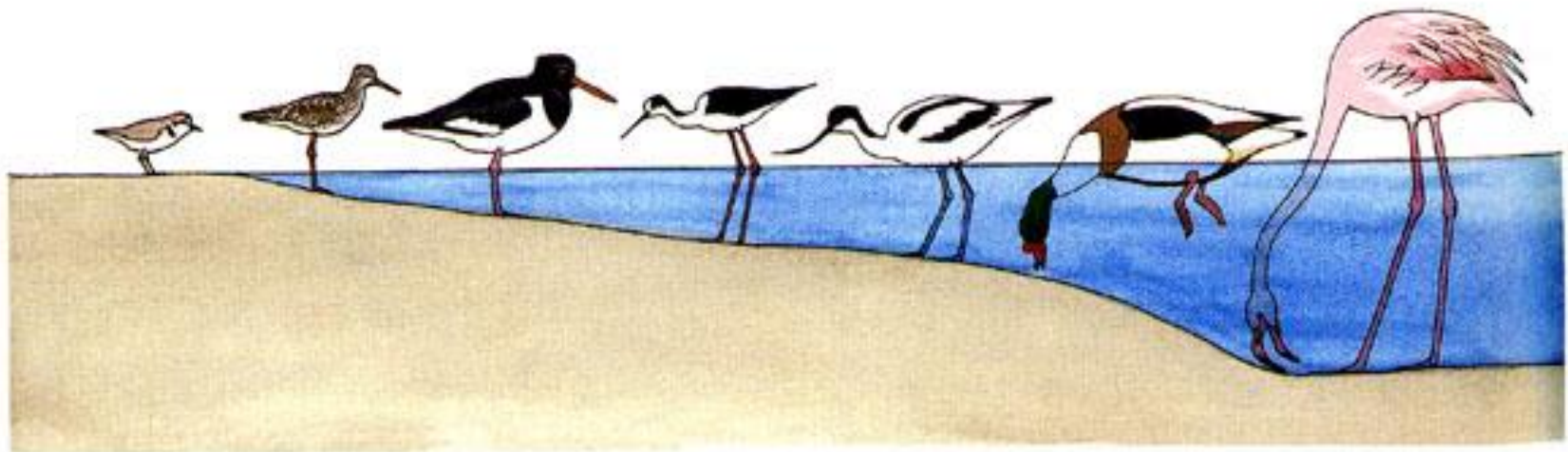
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



The beaks and legs of birds are adapted to feeding in different water depths.

Drawing by Serge Nicolle.



Sadoul et al. 1998



# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

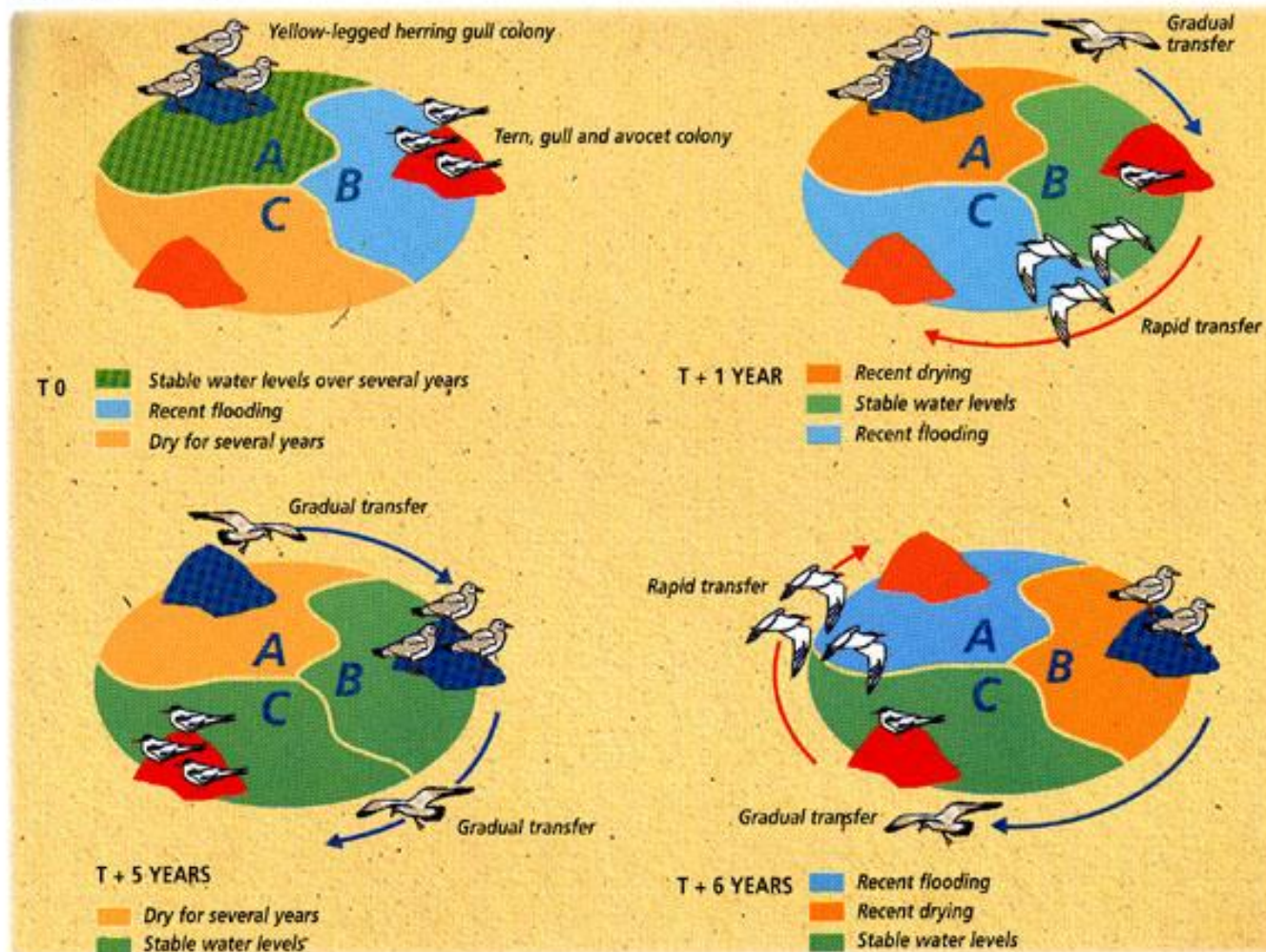
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



By manipulating water levels each year, breeding of small colonial waterbirds can be favoured at the expenses of Yellow-legged herring gulls.

Sadoul et al. 1998







# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

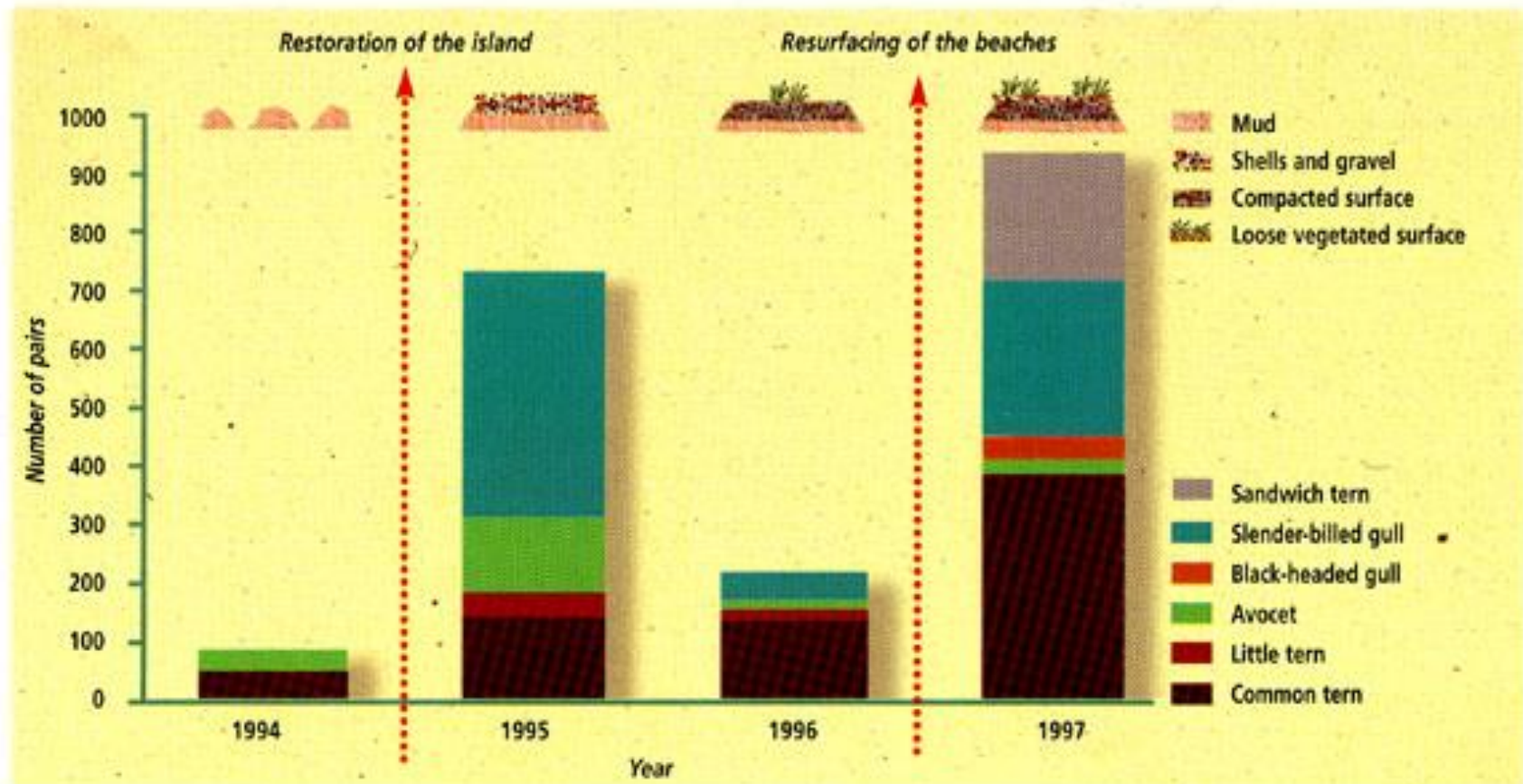
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



Improvement of nesting beaches has a positive effect on breeding gulls and terns. (Tour du Valat data).

Sadoul et al. 1998







## Eco-Governance

### Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



*Table 2. The ecological values of salinas for waterbirds.*

<b>Salina types/ Categories</b>	<b>Ecological values</b>	<b>Importance for Waterbirds</b>
Inland Salt Mines & Salinas	None *	None ? infrequent
Primitive Saltpans or Salinas	* *	Occasionally frequented by waterbirds
Rudimentary Saltpans	* *	Occasionally frequented by waterbirds
Natural Salt Lakes & Depressions	* * *	Important numbers of breeding, feeding, passage & wintering species
Industrial Salinas	* * * *	Important breeding, feeding, and wintering sites for coastal seabirds & shorebirds
Artisanal Salinas	* * *	Few breeding species, but important wintering sites for shorebirds
Inactive & Abandoned Salinas	* * *	Support breeding, feeding & wintering seabirds & shorebirds

Ecological values: \* insignificant, \*\* low, \*\*\* high, \*\*\*\* very high.

Walmsley 2000



## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# Nesting of Flamingos - Kalloni Saltworks, Lesvos







## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean

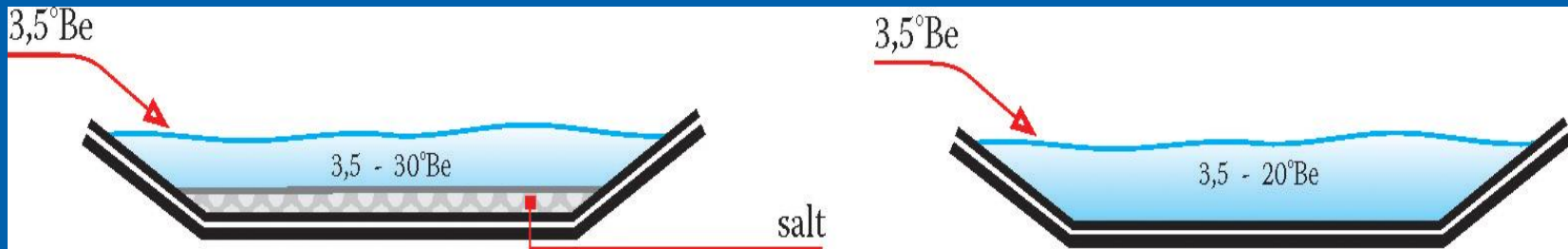


# Reproduction in Saltworks - Kalloni Saltworks, Lesvos

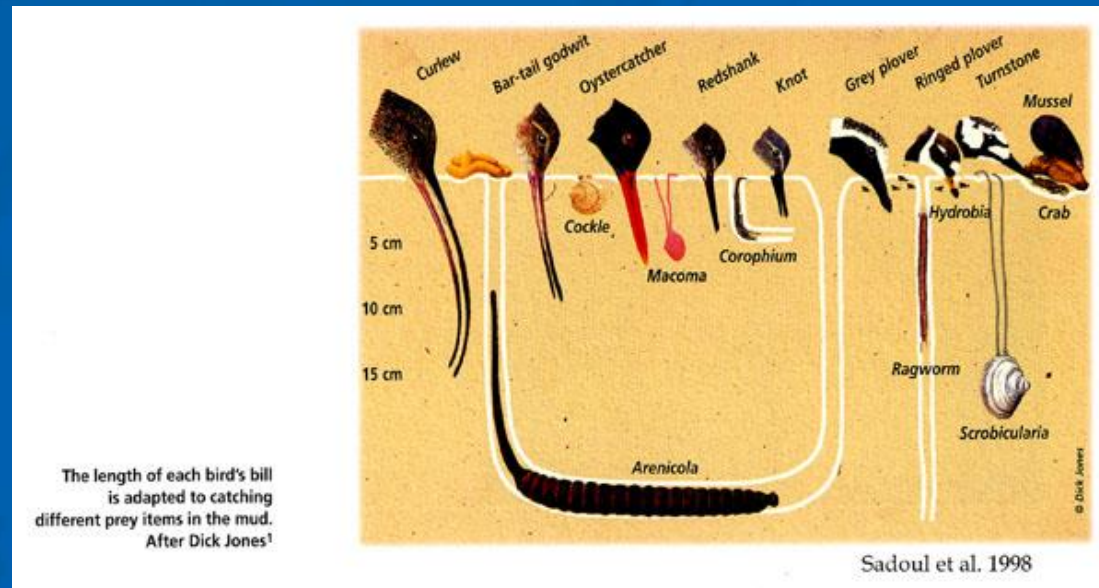




## Abandoned Saltworks (wetlands) vs Solar Saltworks (wetlands)



- Case (a) where seawater is trapped
- Case (b) where seawater enters more or less freely







# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



## Solar Saltworks (wetlands) - ECOSYSTEM functions





## **Eco-Governance**

**Principles of Conservation in TW systems**

*Title of the lesson:* **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

*Teacher:* **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# **SALTWORKS RESEARCH, EDUCATION & ECOTOURISM**





## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

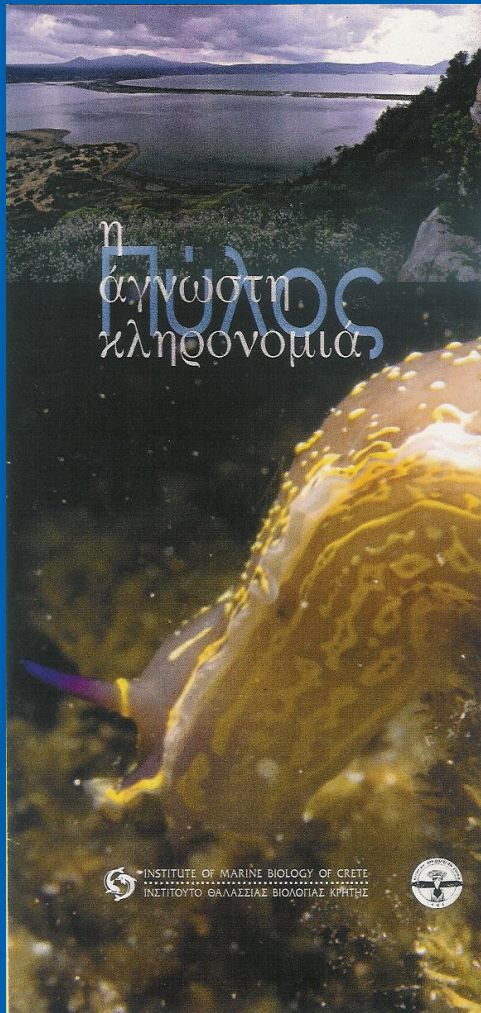
Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# Educational Products on Wetlands (Solar saltworks)

## Examples from Greece



# Λιμνοθάλασσα Γιάλοβα

ΔΗΜΩΝ ΝΕΣΤΩΡΟΣ & ΠΥΛΟΥ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ

Οι υγρότοποι είναι τα πιο πλούσια οικοσυστήματα της γης εξαιτίας της υψηλής βιολογικής ποικιλότητάς τους, ενώ η οικονομική, περιβαλλοντική, επιστημονική και πολιτισμική τους αξία είναι αναγνωρισμένη. Από τη δική μας γενιά κρίνεται το αν θα εξατλήσουμε ολοκληρωτικά αυτούς τους φυσικούς μας πόρους ή αν θα τους προστατεύσουμε σαν μια πολύτιμη φυσική κληρονομιά που αξίζει να παραμείνει για το μέλλον.





# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS – University of the Aegean**



# Educational Products on Wetlands (Solar saltworks)

## GIALOVA LAGOON - Peloponnese



Οι υγρότοποι είναι τόποι μεταβατικοί μεταξύ χερσαίων και υδάτινων συστημάτων όπου η στάθμη του νερού φτάνει συνήθως ως την επιφάνεια ή βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους ή υποστρώματος, ή τόποι που καλύπτονται από αδιάθετο στρώμα νερού.

### Γνωρίζοντας τους υγρότοπους...

Νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου, κοντά στο φημισμένο κατά την αρχαιότητα παλάτι του βασιλιά Νέστορα, εκτείνονται οι υγρότοποι της Πύλου. Η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, ο κόλπος του Ναυαρίνου, η νησίδα Σφακτηρία, ο όρμος της Βοϊδοκοιλιάς, η παραλία του Ρωμανού, συνθέτουν το μοναδικό αυτό φυσικό τοπίο. Ένα τοπίο όπου άνθρωπος και φύση πορευτήκαν ειρηνικά κατά τους αιώνες διαμορφώνοντας ένα ξεχωριστό ανάγλυφο. Ένα τοπίο όπου το γαλάζιο των υγρότοπων και το πράσινο της οριζώδους βλάστησης συνδυάζονται αρμονικά με το λευκό των σπιτιών, συνθέτοντας μια παλέτα χρωμάτων απαρμιμήτης ομορφιάς. Χρόματα αναλλοίωτα από το ιστορικό παρελθόν των αρχαίων κάστρων και του απόηχου της ναυμαχίας του Ναυαρίνου, που αναθετίζονται στις ανεξάντλητες φυσικές ομορφίες του παρόντος, βάζοντας παρακατάθετη στο μέλλον για την ευρύτερη ανάπτυξη της περιοχής.



### ...τον πλούσιο φυτικό...

Οι υγρότοποι της Πύλου έχουν ιδιαίτερη περιβαλλοντική αξία. Η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας, που επικοινωνεί μέσω ενός στενού καναλιού με το γειτονικό κόλπο του Ναυαρίνου και τα ποταμιά και παραστάμια οικοσυστήματα που την περιβάλλουν λειτουργούν ως δεκάνες ζημιτογένεσης και απορροφούν φερτών υλικών από τη γύρω ενδοχώρα. Εκεί



δημιουργείται μία ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών όπου το θαλασσίνο νερό αναμιγνύεται με το γλυκό των εκβολών των ποταμών, που είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία. Σ' αυτό το ευπρόσπορο υποστρώμα, τόσο μέσα στη λιμνοθάλασσα όσο και στις παρυφές των ποταμών Ήπρωτακκα και Τυφλομύτη, επικρατούν κολλώδεις, υδροχαρή φυτά και αβύθιλες διαπηλάσιες. Οι αμυδροφι που σχηματίζονται από τη δράση των μικρών δειλά καλύπτονται από δούρηα, σκίνους και πρίνους (ξυλώδης μακκία), ενώ στις αμυδροφές παραλίες της περιοχής συναντά κανείς τα χαρακτηριστικά κεδροδάση (δενδροδάς μακκία). Πιο κοντά προς τη θάλασσα κυριαρχεί η θερμοφιτική βλάστηση των μικρών αμυροβίων. Το όλο σκηνικό συμπληρώνεται από τα ποσειδωνία τυπικά είδη των μεσογειακών "φρυγανών", όπως είναι η ασταίδη, το θυμάρι, η ασφάκα, η λαδονάδα, η αφάνια και το μονοετή αγγειόσπερμα, που την ανοιξη κοσμούν με τις χρωματικές αναλλοίεές τους την ευρύτερη περιοχή.

### ...και ζωικό "κόσμο" τους...

Η ποικιλομορφία της βλάστησης προσφέρει, πέρα από την κοιλίτημ προστασία κατά της διάβρωσης του εδάφους, και μοναδικά καταφύγια για τροφή, αναπαραγωγή και διαχείμαση σε εκατοντάδες είδη του ζωικού βασιλείου. Στο υποθαλάσσιο περιβάλλον του ποταμού του Ναυαρίνου, με το ίδιομορφο ανάγλυφο του πυθμένα του, ενδημούν οι περισσότερες αντιπροσωπευτικές ομάδες οργανισμών της δεκάνης

της Μεσογείου. Μόνο μέσα στα νερά της λιμνοθάλασσας της Γιάλοβας έχουν καταγραφεί 86 είδη βενθικής μακροπανίδας (αμεμώνες, ακατάλινια, πουράιδες, ακιβάδες, καθούρια, γαρίδες, κ.α.) και 16 είδη υαρίων (τσιπούρρες, λαβράκια, κέφαλοι, αθερίνα, χέλια, κ.α.). Λίγα μόλις μέτρα προς το εσωτερικό της χέρσου, και κυρίως στα έλη και στις εκβολές των ποταμών, συναντάμε πολλά είδη εντομών – κυρίως οδοντόγναθα, ορθόπετρα και δίπετρα – μαρίδια και ερπετά. Εξέχουσα θέση κατέχει ο χαμαιθέοντας ο οποίος ζει στις ακτές του κόλπου του Ναυαρίνου και στις αμυροφές του όρμου της Βοϊδοκοιλιάς. Ακόμη, στις ελώδεις εκτάσεις της περιοχής, διαβούν 245 σπάνια είδη πουλιών (λευκοτακινιάς, γοραστές, φονικόπετρο-φλάμινγκο, χαϊκόκατα κ.α) ενώ, λίγο βορειότερα, στην αμυροφή παραλία του Ρωμανού ωτοκαεί η θαλάσσια χελώνα *Caretta caretta*. Σήμερα η λιμνοθάλασσα της Γιάλοβας και η νησίδα Σφακτηρία, λόγω της μείζονος οικολογικής τους σημασίας, υπάγονται σε ειδικό καθεστώς προστασίας από την Ευρωπαϊκή Ένωση, στα πλαίσια του περιβαλλοντικού δικτύου NATURA 2000.

### ...την προσφορά τους στον άνθρωπο...

Οι υγρότοποι της Πύλου, εκτός από την περιβαλλοντική και αισθητική τους αξία, παρέχουν και σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη στην ευρύτερη περιοχή.

**Αλιεία:** Ένα μεγάλο μέρος των κατοίκων της περιοχής καταναλώνει με την αλιεία πελαγικών και βενθοπελαγικών οργανισμών (καλαμαρία, χταπόδια, υαρία κ.τ.λ.) τόσο μέσα στον κόλπο του Ναυαρίνου όσο και στην ανοικτή θάλασσα.

**Ιχθυοκαλλιέργειες:** Ηδη από τις αρχές του αιώνα η λιμνοθάλασσα χρησιμοποιείται ως εκτατική καλλιέργεια κυρίως για την παραγωγή λαβράκιου και τσιπούρας, ενώ στον κόλπο του Ναυαρίνου υπάρχει σημαντικός αριθμός θαλάσσιων ιχθυοκαλιών.







# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS – University of the Aegean**



# Educational Products on Wetlands (Solar saltworks)

## GIALOVA LAGOON

### Χαμαιλέοντας

Η Γαλόβα είναι το μοναδικό μέρος της Ελλάδας που ζει ο Αφρικανικός Χαμαιλέοντας, 400 περίπου Χαμαιλέοντες ζουν σήμερα στην περιοχή, ένας μισός, ένας λιγότες πληθυσμός που έχει ανάγκη άμεσης προστασίας. Χαρακτηριστικό αυτών των ζώων είναι ότι αλλάζουν χρώματα, τόσο για παρατήρηση όσο για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Τρέφονται αποκλειστικά με έντομα, ζουν 1-2 χρόνια και γεννούν το Φθινόπωρο μέσα στην άμμο 40-50 αυγά. Φυσικοί θηρευτές του χαμαιλέοντα είναι οι αλεπούδες, τα κουνέλια, οι νυχτερίδες, οι σκυλιά και οι γάτες, που σκαβούν την φωλιά του και τρώνε τα αυγά του. Μεγάλη σημασία για την διατήρηση



**Η** Λιμνοθάλασσα της Γαλόβας είναι ένας υφάλμιμος υγρότοπος που δεχεται την του θαλασσινού νερού και των γλυκών νεράν των ποταμών Τυφλάμιτα και Ξερύδου. Στη δεκαετία του '50 έλασε και αυτή θύμα της πολιτικής των αποδράσεων λόγω των πλούσιων υψώνων νεράν, τα αποστραγγιστικά έργα απέτυχαν. Το μέγεθος της έκτασης κατά 1/3, ενώ δέλμα των οραμάτων της προηγούμενης γενιάς παραμένουν 1 λια, οι τόροι και ο εσωτερικός δρόμος, που αλλοίωσαν το οικοσυστήμα της λιμνοθάλασσας, άλλαξαν τη ροή των ποταμών και μείωσαν την εν δυνάμει παραγωγικότητα της Παρ' όλα αυτά, η φύση αντιστέκεται και (αν και σε μικρότερη κλίμακα) παράμ' πλούσιο οικοσυστήμα που φιλοξενεί πολλούς και θαυμαστάς επισκέπτες.

### Ιστορική Αξία

Η ιστορία στην περιοχή της Λιμνοθάλασσας ξεκινά από της νεολιθικές εποχές (περίπου 3.000 π.Χ.) μέσα στην λιά του Νέστορα\* και συνεχίζεται κατά την Ελληνική και Οικιακή από εκείνη την εποχή έχουν βρεθεί κάτω από τ' λιά του Νέστορα, στις απλίες του Λόφου του Προφήτη και μέσα στην κυρίως Λιμνοθάλασσα. Υπολείματα οικίας από την Μυκηνική εποχή (1600-1150 π.Χ.) βρίσκονται μέσα στη Λιμνοθάλασσα, ενώ ο θαλαττός μυκηναϊκός τόπος ότι ανήκει στο γιο του βασιλιά Νέστορα, θραυστά Προτορικό Ανάκτορο, 8 κλ. ανατολικά της Λιμνοθάλασσας Άνω Εγκλιανά Δήμου Νέστορα - επιβεβαιώνουν την ιστορία της θέσης.

Τα πρώτα δέλματα επανεπισκευάζονται, μετά από εγκατάσταση άνων, ευφραίνονται κατά την κλασική-ελληνιστική π (500-31 π.Χ.). Καθ' όλη την Σηλιά του Νέστορα πον τον Κορυφαίου, ενώ στο Διβάρι έχουν βρεθεί τοια

γυαλάς, ταξιδιού των προκοφίμων των νεοκαλόν κάθε Καλοκαίρι την θανάτωση μέχρι και 15% του πληθυσμού του.



μακία του Ναβαρίου κύρια φασίδια στην ΕΜΔα την ελευθέρια και ανεξαρτησία της. Σήμερα, μέσα στην κόλπο υπάρχουν ακόμα τα απομεινάρια των βυθισμένων πλοίων.

### Οικοσυστήματα υγρότοπος Γιάλοβας

Ένας υγρότοπος είναι ένα σύστημα μικρο-οικοσυστήματος, το οποίο ανάλογα με την δόση του νερού και του υπεζωστικού χαρακτηρίζονται από διαφορετικούς τύπους βλάστησης. Εκεί ο νεοπλάσσειται μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών με έντονη αλληλεξάρτηση.

**Η κυρίως Λιμνοθάλασσα** καλύπτεται σε μεγάλο βαθμό με θαλασσινό νερό. Επει αναπτύσσονται αυθόκλι και ζωικοί οργανισμοί που ανήκουν στο γλυκό νερό και αποτελούν τροφή για αρθροπόδια ραχίον και πουλιά. Εκεί τρέφονται πάπιες, φαλαγγίδες, κορυφαίοι, ψαφίδια, φασίδια και φωνοκάττερα.

**Ο βάλτος με τους καλαμώνες** δεχεται τα γλυκά νερά του Τυφλάμιτα και φιλοξενεί είδη που εξαρτώνται, τουλάχιστον για ένα μέρος της ζωής τους, από το γλυκό νερό (π.χ. κελύ). Οι καλαμώνες είναι σημαντικοί για τα μικρά ψάρια, που βρίσκουν καταφύγιο και τροφή. Πολλά πουλιά φηλάνουν εκεί ανέπαφο την φωλιά τους (π.χ. μικροστινιβάδες), αφού είναι μόνον δάφνητα, τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για άλλα σαρκοφάγα ζώα. Στον βάλτο τρέφονται ερωδιό, καλκόκοτες, βουπιτάκια, καλαμκόκοι και στις μικρές νησίδες φωλιάζουν



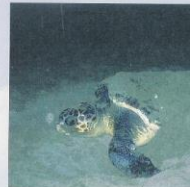
**ΥΠΕΚΔΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΕΡΓΕΙΑΣ:** Προστασία περιβάλλοντος και βιώσιμη ανάπτυξη. **ΔΗΜΟΣ ΝΕΣΤΟΡΑΣ** **ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΟΥ**



Σήμερα, πολλές δραστηριότητες του ανθρώπου, απειλούν τη βιοποικιλότητα και διαταράσσουν την ευαίσθητη ισορροπία του οικοσυστήματος του υγρότοπου. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Η διαταραχή του υφάλμιμου οικοσυστήματος της λιμνοθάλασσας από τη μειωμένη παροχή γλυκών νεράν
- Η ρύπανση των νεράν από γεωργικές δραστηριότητες όπως η επεξεργασία της ελιάς
- Η μείωση της βιοποικιλότητας από την απόλυτη φυσικών εκτάσεων και την κατάκρηση αγροχημικών
- Το παρόνομο κινητή
- Η ενόχληση των πουλιών την εποχή της αναπαραγωγής και η θανάτωση ζώων ιδιαίτερα ερπετών, από διερχόμενα αυτοκίνητα
- Η ελευθέρη κατασκήνωση σε ευαίσθητες περιοχές όπως οι αρμόλοφοι και η κατάστροφη φωλιών και της βλάστησης
- Η ριπή μπαζών και σκουπιδιών και η περπατήρα υποβάθμιση της αισθητικής αξίας της περιοχής.

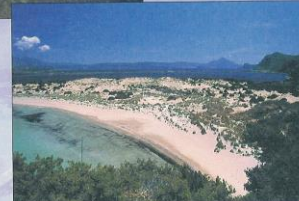
**Τα υγρά λιβάδια και οι λασιόπεδικές περιοχές** περιβάλλουν τη Λιμνοθάλασσα και πλημμυρίζουν για αρκετό χρονικό διάστημα. Βλασταίνουν κυρίως αμυρίθρες. Τα νερά νερό είναι πηγή ζωής για παράδυια πουλιά, όπως οι τρήρες, οι κομμάτες, οι τουλίβες, οι σκαλιζέδες, που τρέφονται με ποικιλία σκουπιδιών και μικροοργανισμών. Πάνω στην Ξερύδρα λάσπη φωλιάζει ο Βαλοσοφορπιλάτης.



### Θαλάσσια Χελύ Caretta Care

Αν και η θαλάσσια χελύδα ζει στην θάλασσα η απήρξη της εξαρτάται απόλυτα από τη βλάστηση παραλίνας όπου γεννά τ' αυγά Στην Ευρώπη, σημαντικές παραλίνας όπως βρίσκονται στην Ζάκυνθο, την Κρήτη, και Πελοπόννησο. Στην περιοχή, τέτοιες η λίες είναι η Βοδοκόκλια, ο Ρωμανός κ Μπί. Το καλοκαίρι η θαλάσσια χελύδα γίνονται περίπου 120 αυγά μέσα στην άμμο. Τα μβγίνονται 55 μέρες μετά και κινούνται όπως προς την θάλασσα. Η προστασία φωλιών και των νεοσσών από φυσικούς ρευστές είναι αναγκαία για την επιβίωση ειδούς. Όμως, ακόμη πιο κρίσιμος παρ ντας είναι η διατήρηση της φυσικότητας των παραλίνας και η αποτροπή των τυχευών ή σκο-

**Οι αρμόβιτες** είναι ένα δυναμικό και ευαίσθητο οικοσυστήμα που μεταμορφώνεται συνεχώς από την δράση του αέρα και της θάλασσας. Τα φυτά των παραλίνας αρμόβιτων, όπως οι κέδροι και οι αμμοβιλιές, προσαρμοσμένα σε αυτές τις ακραίες συνθήκες, εμπιστεύουν τη διαβρωτική των ακτών, είναι ανθεκτικά στην αμμοκρίση και έχουν μικρές ανάγκες σε νερό. Λίγο πιο μακριά από την ακτή, αναπτύσσεται θαυμαστάς βλάστηση με αχνούς, πορτοκάλια και φυλλόκω, οικοσυστήμα πολύ σημαντικό για άλλους οργανισμούς, όπως τα ερπετά. Ο χαμαιλέοντας και οι θαλάσσιες χελύδες, δύο από τα πιο απόλυτα είδη ερπετών της Ευρώπης, αναπαράγονται σε αυτές τις περιοχές.



Η Λιμνοθάλασσα της Γαλόβας είναι ο νοτιότερος σημαντικός μεταναστευτικός σταθμός των Βαλκανίων για τα πουλιά. Από τα 265 είδη πουλιών που έχουν έως τώρα παρατηρηθεί στην περιοχή, τα 79 είναι προστατευόμενα, σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ. Επίσης, μέχρι τώρα έχουν καταγραφεί 16 είδη οικοπαύων, 26 είδη ερπετών, 28 είδη θαλάσσιων και 16 είδη ψαριών.

### Ο πολλαπλός ρόλος της λιμνοθάλασσας της Γιάλοβας.

Η εύροση γη του υγρότοπου, τα πλοία σε φόρα νερά, η μεγάλη ποικιλία άφρασης ζωής, παρέκλιν πάντα τα αγαθά τους στον άνθρωπο. Σήμερα, ο υγρότοπος είναι τόπος ιδανικός για την επιστημονική έρευνα, την περιβαλλοντική εκπαίδευση και την απόλαυση της φύσης.

Η Λιμνοθάλασσα της Γαλόβας ανήκει στο Ευρωπαϊκό Δίκτυο NATURA 2000 και είναι μία από τις σημαντικές περιοχές για τα Πουλιά της Ελλάδας (IBA).

Η περιοχή θεωρείται αρχαιολογικός χώρος και ο όρος της Βοδοκόκλιος έχει χαρακτηριστεί ως «το πιο ιδιαίτερο φυσικό κάλλους».







# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS – University of the Aegean**



# Educational Products on Wetlands (Solar saltworks)

## KOTYCHI LAGOON - Peloponnese

**Τι μπορείτε να κάνετε για τη Στροφυλιά και το Κοτύχι**

- Συμμετοχή με τις πινακίδες και τις υποδείξεις των εποτών του Προγράμματος Life
- Μην οδηγείτε στους αμμόλοφους, τους καταστρέφετε περισσότερο από όσο νομίζετε
- Την άνοιξη μην περπατάτε στις όχθες των λιμνοθάλασσών, εκεί υπάρχουν ευάλωτες φωλιές πουλιών
- Μην ανάψετε φωτιά, το δάσος κοικογονοειδών είναι πολύ σπάνιο και παρα πολύ εύλεκτο
- Πάρτε μαζί τα σκουπίδιά σας, για να μην τα βρείτε όταν θα ξαναβρείτε
- Αφήστε όλη τη γαλήνη, προτιμούν το σπυτι τους από το δάσος
- Σεβαστείτε τα ρυμψιά, ακόμα και απλές κατασκευές όπως οι λιμνοθάλασσές

**Φορέας Δράσης - Κοτύχι - Πελοπόννησος**  
© 2004 ΟΙΚΕΣ Βελανθιά - ΟΙΚΕΣ Κρατικής Ενίσχυσης το Στόχο 3 του ΕΠΣΕ 2004-2006  
Επιχειρησιακή επιχορήγηση από το ΕΠΣΕ 2004-2006  
ΕΠΣΕ - Τεχνικό Πρόγραμμα 2004-2006  
Ευρωπαϊκή Κοινωνική Ταμείο - Τεχνικό Πρόγραμμα 2004-2006  
Ευρωπαϊκή Κοινωνική Ταμείο - Τεχνικό Πρόγραμμα 2004-2006

### Τι είναι η Στροφυλιά και το Κοτύχι

Είναι στεφάνι, Στάθμι στο πέρασμα του γλυκού νερού από το βουνό προς τη θάλασσα. Στάθμι στο ταξίδι αλιόφωνο μεταναστευτικά πουλιά ανάμεσα στην Ευρώπη και την Αφρική. Στάθμι στην ανθρώπινη ιστορία, από τα προϊστορικά χρόνια μέχρι σήμερα.

Είναι προστατευμένες περιοχές. Αυτό το διαδραστικό σημείωμα συμπληρώστε παρακαλώ/ακόμα στις 11 εργάσιμες ημέρες στην Ελλάδα. Προτίμησα για ένδειξη στο Δίκτυο NATURA 2000, ως Στάθμι Εθνικής Προστασίας και Τόπος Κοινωνικού Ενδιαφέροντος (σύμφωνα με τις Οδηγίες 73/409/ΕΟΚ και 92/43/ΕΟΚ, αντίστοιχα).

### Τι κάνουμε ...για την άγρια ζωή ...για τους ανθρώπους

**Ελέγχουμε διοικητικά την ποιότητα νερού** στις λιμνοθάλασσες Κοτύχι και Πράσινης, για να εγκαθίσταται και να περιορίζονται τις πηγές ρύπανσης

**Υποβοηθούμε την αναγέννηση** στις κοικογονοειδών, ώστε να διασφαλίσει το μοναδικό παράδειο δάσος

**Παρακολουθούμε τους πληθυσμούς των πουλιών** και προστατεύουμε τις θέσεις που φωλιάζουν

**Προστατεύουμε τα ζηντά** από τους συλλέκτες και τα οχήματα και δημιουργούμε λιμνοθάλασσές γλυκού νερού για την αναπαραγωγή των αμμόλοφους

**Επισκεψόμαστε την περιοχή** με συνεκτικές περιηγήσεις (σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Υπερπόντια), για να περιορίσουμε τις παράνομες δραστηριότητες

**Οργανώνουμε την πρόσβαση** στις όχθες ώστε οι επισκέπτες να τις απολαύσουν χωρίς να τις βλάψουν

**Ενημερώνουμε τους επισκέπτες** (με έντυπα, πινακίδες, παρατηρητήρια, Κέντρο πληροφόρησης Στροφυλιάς-Κοτύχι) ώστε να κατανοήσουν και να στηρίξουν τη σωστή διαχείριση

**Οργανώνουμε πρόγραμμα περιβαλλοντικού εκπαίδευσης** (εκπαιδευτικά βολιδοκ, διοδισμούς, εργασίες περιβάλλοντος), για να ευαισθητοποιήσουμε ομάδες σχολείων και κάθε ενδιαφερόμενο επισκέπτη

**Συνεργαζόμαστε με τοπικούς φορείς**, ώστε αυτοί να συμμετέχουν στις δραστηριότητες που πραγματοποιούμε θα τους αρέσουν

### Στη Στροφυλιά και το Κοτύχι χωρούν πολλοί

**Χιλιάδες πουλιά στο νερό**  
Στις λιμνοθάλασσες Κοτύχι και Πρόκος έχουν παρατηρηθεί 13 είδη πάππων, με πιο σπάνια τη βαλλίστρα. Κάθε άνοιξη και φθινόπωρο περνούν κοπάδια αλιόφωνων και χιλιάδες άλλα μεταναστευτικά πουλιά. Για τα πουλιά που ζουν κοντά στο νερό (ωδηφίλι και παραλίφι), οι λιμνοθάλασσές αυτές είναι ο πρώτος μεγάλος σταθμός μετά το εξοχικό ανοικτό πέρασμα πουά από την έλξη του Σαρόρα και τη Μεσόγειο θάλασσα.

**Κουκογονοειδών στην άμμο: Όχι κωμψ νερό!**  
Η κουκογονοειδών (στροφυλιά) είναι είδος πτερόκο που μπορεί να μεγαλώσει ακόμα και στην άμμο, αρκεί να βρεθεί αρκετό γλυκό νερό. Στη Στροφυλιά υπάρχει σήματα το πιο εκτεταμένο δάσος κουκογονοειδών στην Ελλάδα, με δέντρα ηλικίας 150-200 χρόνων. Δυστυχώς, φθάνουν ελάχιστες νεαρές κωμψογονοειδών και τα κωνά πτερόκο εξελίσσονται και παίρνουν τη θέση κάθε γένητης κουκογονοειδών που υλοποιείται τάρωντα.

**Βθάσισμα με εζώματα - ποδήλατα στην παρατηρητήρια**  
Στην άκρη της υπαρκτής βλάστησης φαφείλων 8 είδη εζώματων Αίλινα ο σπάνιος Αίλινας Έπι υλοποιείται

**Λιμνοθάλασσές προτεραιότητας**  
Πολύ το παραγωγικές από τα χωράφια, οι λιμνοθάλασσές είναι πολύτιμες για ψάρι, πουλιά και ανθρώπους. Οι άνθρωποι εγκαταστήσαν τα πρώτα δίχτυα (παροχνοειδή υλοπορησά) μόλις κατά τους Ρωσικούς χρόνους, δίχτυα στους κορμηλοειδών που προσέκοιαν μακριά από γάφυρα και ποταμιά. Ακόμα φέρει όλος (άλλα) από τους κέρματους και ρύπα





# Eco-Governance

## Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

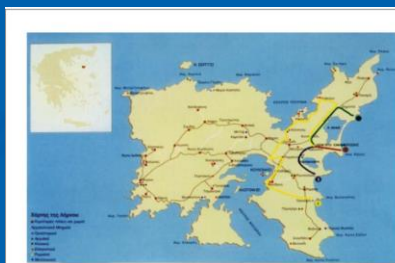
Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# Educational Products on Wetlands (Solar saltworks)

## ALIKI LIMNOU - Island of Limnos (NE Aegean)

### Natural Solar saltworks



Το Κέντρο Ενθάρμυνσης ιδρύθηκε το 2001 από το Υ.Π.Ε.Χ.Ο.Δ.Ε., τη Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λέσβου, την Αναπτυξιακή Εταιρεία Λήμνου Α.Ε. και τη Δημοτική Αυτοδιοίκηση Επαρχίας Μουδρού. Το εκθέματα παρουσιάζονται σε εσικά διαμορφωμένες αίθουσες του κτηρίου όπου καλύπτει λειτουργίες το Δημοτικό Σχολείο Καλλιότης. Ένας χώρος με αναρτηστές παιδικών φωνών και μινιματά από μολύβι... που θα σας ξεναγήσει στα μαγευτικά βιώσιμα της Ανατολικής Λήμνου.

ΟΡΕΣ ΛΕΙΠΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ:



#### 2 Το παρελθόν, το παρόν και η διατήρηση του βιότοπου



Λήμνος σταυροδρόμιο πολιτισμών... την προέλευση ο Ομήρος... την προέλευση ο Ηρόδοτος διδόντας στους κατοίκους της την τέχνη του χαλκού... Φαίνεται τα ευρήματα από την Πολιάδα, την αρχαιότερη πόλη της Ευρώπης (5000 π.Χ.)! Μάθετε για τις παραπαραδοσιακές οικονομικές δραστηριότητες των κατοίκων (νεμερία και αμπελοκαλλιέργεια, κτηνοτροφία και μολασσοποιία, αλάτι κρύβας και για τις διάφορες (τοξομαχικά επαγγελματίες εμπόριο). Πώς αυτές επηρέασαν τη φύση, το τοπίο και τον πολιτισμό του νησιού.

#### 3 Σπάνια πουλιά στη Λήμνο

- Μικρά και μεγάλα μυστικά της ζωής τριών από τα σπάνια είδη πουλιών στο νησί:
- Φανακόπτερος: μία εξαιρετική ροδόχρωμη φουφόρα.
- Γνωρίζετε ότι το μαύρο κίτρινο πουλι που χρησιμοποιεί ως... σκουφέρι; Όχι ταξίδη τα μικρά του με ένα ειδικό γυαλί;
- Κασιονόπτερος: η πάπια που μοιάζει με χήνα. Είναι είδος που καταρρίθκει στη βορειοανατολική Ελλάδα από την Ασία. Κινδυνεύει να εξαφανιστεί επειδή ο άνθρωπος καταστρέφει τους βιότοπους της και την κτηνοτροφία...
- Κιρκινέλι: το μικρότερο γράκι που δεν φοβήθηκε τον άνθρωπο και κινδυνεύει να πληρώσει το νησί με ελπίδα... Ξέρете ότι χαντάκι στη Λήμνο την άνοιξη και φεύγει στο τέλος Αυγούστου; Παθαίνει στα νύκτα της διαδρομής όπως ξεχασμένο κλειδί.

Αποκομμάτια το πέλαγο των φουφουλάκιων... Άνεμο παχυντές που αφήνουν το νησί της Λήμνου με τα φτερά τους βρισκόμενοι καταρρίθκει στα φιλικά νερά μιας παραδοσιακής...



#### 4 Οι ιδιαίτερες ομορφιές του νησιού

Η Λήμνος παρουσιάζει το κλίμα, τα νερά, τα πετρώματα της και τις αμφοβόλες καθώς και τους τόπους της με αρχαιολογική και οικολογική σημασία. Μάθετε για τη Νημέρια γην, έναν ηρώο που τον θεωρούσαν γινετικό θαυματογόνο από την αρχαιότητα ως τις αρχές του 20ού αιώνα. Μάθετε για την Ηρακλείτιδα, το Καβείριο, για τα ελαιώνα, τους υδροτόπους του νησιού. Περιηγηθείτε τα απολιθωμένα δένδρα (μυρταλάκια) που φέρουν τον χρόνο στους πετρώματις, ρυθμούς των δέντρων! Ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της Κορφαρόλιμνης και της Αλικής? Τι φτάνει εδώ? Ποια είναι τα μυστικά της νησιού?



#### 5 Η φύση αποκαλύπτεται

Γιατί υδροτόπος σημαίνει ζωή? Πώς και πότε μεταμορφώνεται το πουλί; Ποια είναι τα ενδιαφέροντα που δημιουργήσει η φύση αλλά κι ο άνθρωπος στη Κορφαρόλιμνη και στην Αλική Λιμνοθάλασσα, Βάλτου, αμφοβόλες, χείμαυρο, καλλιερμημένη αγρού, χέρση Νηδίας... Γράβει ο άνθρωπος με πρόνοια στην Κορφαρόλιμνη και καταθέτει σφραγίδες στην κοινότητα, αμφοβόλες, καλλιερμημένη αγρού, χέρση Νηδίας... που αφήνουν...



Κέντρο Ενθάρμυνσης Κορφαρόλιμνης και Αλικής: Το ελεύθερο χώρο είναι αφιερωμένο να αναπτύξει με παραδοσιακή διάφορα δραστηριότητες. **Οικολογική σημασία:** Προσαρμόστηκε σε γενεσιόμορφα τοπία για την παραγωγή δύο υδροτόπων για την προστασία της φύσης, γενετήρια. **Παλαιολογική υπολοίπιση:** Διαβρωμένος στη δάσκαλη ως για πληροφορίες, στενά με το περιβάλλον και τους βιότοπους αφηρημένους.

**Εκπαιδευτική υπολοίπιση:** Παράγει χώρο για εκπαιδευτικούς, παιδιών, να ανακαλύψουν για μόνον αξιοσημείωτες εκπαιδευτικές προοπτικές να διαθεθεί το Κέντρο. **Αιθουσολογική υπολοίπιση:** Απλά ομορφότερα και πρόνοια στην Κορφαρόλιμνη και καταθέτει σφραγίδες στην κοινότητα, αμφοβόλες, καλλιερμημένη αγρού, χέρση Νηδίας... που αφήνουν...

**Πολιτιστική υπολοίπιση:** Η φύση και κληρονομία οσημείωτες ως περιηγητικό βιότοπος και για να διαθεθεί την επισήμη της σε όλα τα ταξίδη στους βιότοπους του νησιού! **Γραμμάτις διακίησης:** Η διακίηση να απολιθωθεί ως υπελοβόλες. Η Κορφαρόλιμνη και Αλική Λιμνοθάλασσα να παραδοσιακή να παραδοσιακή ως περιηγητικό βιότοπος και για να διαθεθεί την επισήμη της σε όλα τα ταξίδη στους βιότοπους του νησιού!



- Σας έχουν μάθει για τα μολύβια... Μάθετε πάλι από τη Λήμνο;
- Έχετε δε ποτέ περπολιόλα, κικινέλι, πάπια που μοιάζει με χήνα, θαλασσοπυρηνόκοις ομορφότερες;
- Αναρωτήθηκαν ποτέ προστατεύουμε τη φύση;
- Γνωρίζετε τι μας προσφέρουν οι υδροτόποι;
- Θέλετε να μάθετε για τους δεσμούς της φύσης και του πολιτισμού στη Λήμνο, στα όμοια, καλλιερμημένη αγρού, χέρση Νηδίας που παρουσιάζει?



#### 1 Η διάσωση του βιότοπου μας πλούτου

- Η φύση αποκαλύπτει αγαθά που σκεπάζουμε να διατηρηθούν!
- Γνωρίζετε ότι η Ελλάδα διαθέτει πολλές πεποιμένες μεγάλης οικολογικής αξίας που ήδη προστατεύονται με ειδικούς νόμους. Αναφέρεται στον κατάλογο του Κοινοτικού Διακρίτου Natura 2000, όπως η Κορφαρόλιμνη και η Αλική.
- Επί χώρο μας υπήρξαν:
- 5.700 είδη φυτών: Περισσότερα από τα μισά αειθαλές της Ευρώπης!
- 422 είδη πουλιών: Πόλυ μεγάλης αμφοβόλες ανάλογα με το μέγεθος της!
- Μεγάλα θηλαστικά σε ικανοποιητικούς πληθυσμούς!
- Είδη ερπετών και αμφιβίων που δεν ζουν παρά μόνον σ' αυτήν!
- Μοναδικά φυσικά οσημείωτα!







# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



## Educational Programmes on Wetlands (Solar saltworks)

Flamingo Program *Industria Salinera de Yucatan (ISYSA)*  
Reserve of the Biosphere *Rio Lagartos*, Yucatan, Mexico





## Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



# Ecotourism & Wetlands (Solar saltworks)

*KALLONI SALTWORKS - Island of Lesbos (NE Aegean):*  
4-5.000 bird-watchers/year [mostly March to May]







# Concepts and knowledge presented in the lesson

- ✚ Solar Saltworks: **TERMS & REFERENCES**
- ✚ **BIOLOGICAL SYSTEM** functioning in Solar Saltworks:  
Case studies from the Mediterranean Sea
- ✚ Importance of Biological system for rational **MANAGEMENT** of Solar Saltworks
- ✚ **CONSERVATION** of Solar Saltworks = Reduction of wetlands loss
- ✚ **RESEARCH & EDUCATION** issues related to Solar Saltworks





# Eco-Governance

Principles of Conservation in TW systems

Title of the lesson: **MEDITERRANEAN SOLAR SALTWORKS**

Teacher: **DROSOS KOUTSOUBAS** – University of the Aegean



*Thanks for your time and attention*

