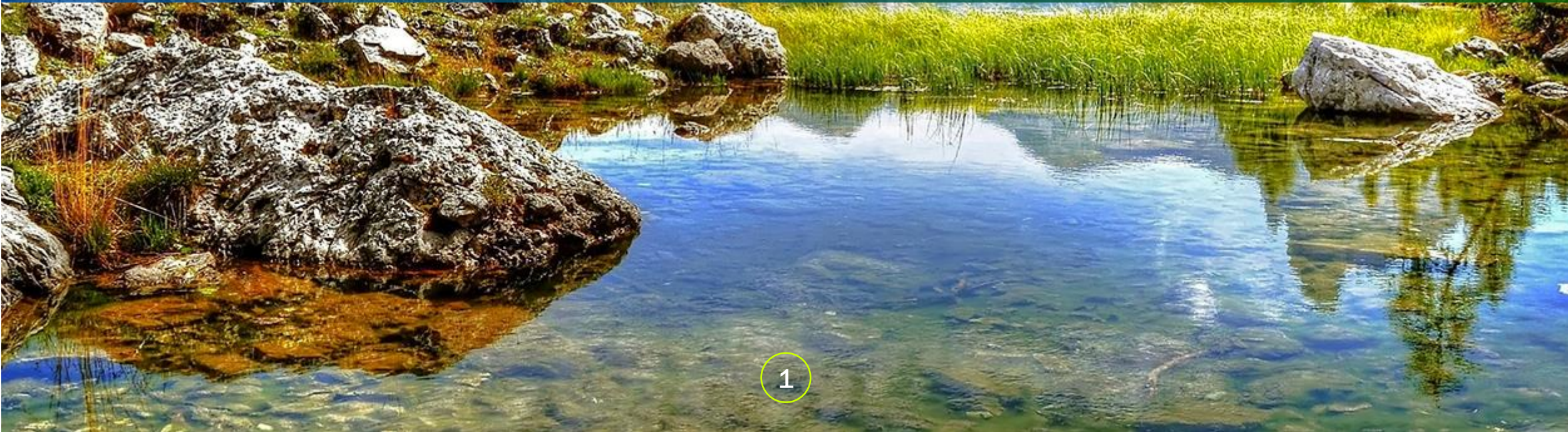


Πρώτα βήματα προς την οικολογική αποκατάσταση των Μεσογειακών λιμνοθαλασσών: Αλλαγές στις κοινότητες φυτοπλαγκτού

Μαρία Δρόση

ΑΜ:1912016027



Σκοπός Μελέτης

- *Εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο η αρχική κατάσταση ευτροφισμού επηρεάζει την διαδικασία επανα-ολιγοτροφίας των λιμνοθαλασσών*
- *Η αξιολόγηση της οικολογικής αποκατάστασης σε αυτά τα εξαιρετικά υποβαθμισμένα συστήματα*
- *Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει μια μοναδική ευκαιρία για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της διαδικασίας της επανα-ολιγοτροφίας στις αβαθείς παράκτιες λιμνοθάλασσες της Μεσογείου σε συνδυασμό με τις αντιφατικές τροφικές τους καταστάσεις*

Περιοχή Μελέτης

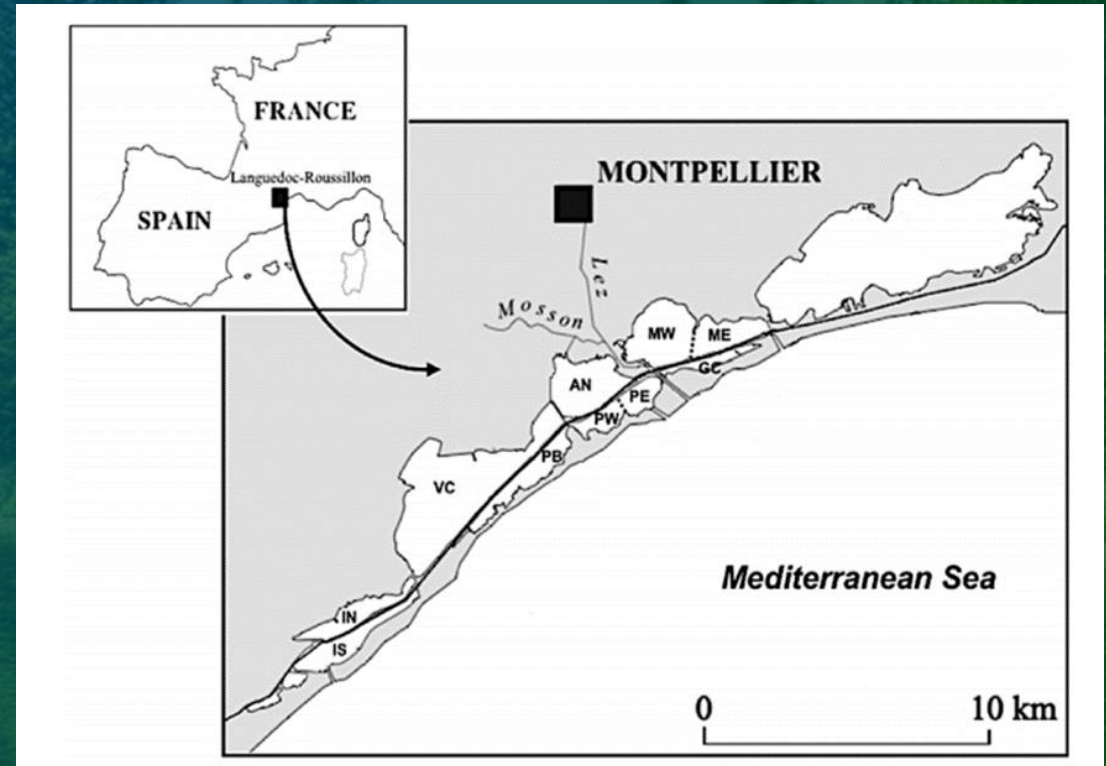
- Το σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών “Palavasian” βρίσκεται στην Μεσογειακή Γαλλική ακτή κοντά στο Montpellier
- Αποτελείται από οχτώ συνδεδεμένες αβαθείς λιμνοθάλασσες καλύπτοντας 38.8 km²
- Μετά από μια “έντονη” ανθρώπινη παρέμβαση του κανάλι Rhone-to-Sete το σύμπλεγμα χωρίστηκε σε δυο μέρη τις εσωτερικές λιμνοθάλασσες και τις λιμνοθάλασσες με γειτνίαση στο θαλάσσιο χώρο
- Οι εσωτερικές λιμνοθάλασσες North Ingril, Vic, Arnel, και Mejean οριοθετούνται από υγροβιότοπους ή αλυκές
- Οι λιμνοθάλασσες South Ingril, Pierre Blanche, Prevost, και Grec βρίσκονται ανάμεσα στο κανάλι Rhone-to-Sete.



Εικόνα 1 . Κανάλι Rhone-to-Sete/ Wikipedia

Περιοχή Μελέτης

- Οι λιμνοθάλασσες South Ingril και Prevost συνδέονται με την θάλασσα μέσω τεχνητών διαύλων επικοινωνίας με την θάλασσα
- Οι εσωτερικές λιμνοθάλασσες δεν είναι άμεσα συνδεδεμένες με την θάλασσα αλλά λαμβάνουν θαλασσινό νερό μέσω των γειτονικών λιμνοθαλασσών και του καναλιού Rhone-to-Sete.
- Ο ποταμός Lez αποτελεί την κύρια πηγή γλυκού νερού στο σύμπλεγμα και αλληλοεπιδρά με μερικές λιμνοθάλασσες (Arnel, Mejean, Prevost και Grec) μέσω μικρών καναλιών.
- Εκροές υγρών αποβλήτων απορρίφθηκαν από την πόλη του Montpellier στον ποταμό Lez μέχρι το 2005



Σχήμα 1. Τοποθεσία των δειγματοληπτικών σταθμών στις 8 λιμνοθάλασσες του συμπλέγματος Palavasian. Η μαύρη γραμμή αντιπροσωπεύει το κανάλι Rhone-to-Sete

Υλικά και μέθοδοι

- Χρησιμοποιήθηκε βάση δεδομένων από το Réseau de Suivi Lagunaire το οποίο χρησιμοποιεί δεδομένα από 2000-2013 για να αξιολογηθεί η κατάσταση ευτροφισμού στην περιοχή Languedoc-Roussillon.
- Η βάση δεδομένων αποτελείται από μετρήσεις συγκεντρώσεων διαλυμένου ανόργανου αζώτου (DIP, μM) και φωσφόρου (DIN, μM), συνολικού αζώτου (TN, μM) και φωσφόρου (TP, μM) , συγκεντρώσεις χλωροφύλλης-α (Chl a, mgChl a L^{-1}) στην υδάτινη στήλη για τον υπολογισμό βιομάζας φυτοπλαγκτού.
- Η περίοδος δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε την καλοκαιρινή περίοδο όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και έντασης της ακτινοβολίας είναι βέλτιστες και η πρωτογενής παραγωγικότητα μέγιστη.
- Οι δειγματοληψίες ήταν μηνιαίες στους 10 σταθμούς τον Ιούλιο, Ιούνιο και Αύγουστο από 2000-2013.
- Τα δείγματα νερού συλλέχθηκαν με μπουκάλια 2L από πολυπροπυλένιο.
- Η θερμοκρασία και η αλατότητα καταγράφηκαν με WTW LF 197 .

Υλικά και μέθοδοι

Εξακρίβωση της ποικιλότητας χρωστικών (HPLC)

- Φίλτραση νερού 200-500 mL ανάλογα με την βιομάζα φυτοπλαγκτού με την χρήση φίλτρων Whatman GF/F διαμέτρου 47 mm και φύλαξη των δειγμάτων στους -80 °C.
- Οι χρωστικές ελήφθησαν με 2.5 mL μεθανόλης σε σκιερό μέρος στους 4 °C για 5 λεπτά.
- Τα εκχυλίσματα διηθήθηκαν φίλτρα οξικής κυτταρίνης (0,45 mm) για την αφαίρεση φίλτρων και θραυσμάτων (debris) κυττάρων.
- Η χλωροφύλλη και τα καροτενοειδή εντοπίστηκαν από έναν ανιχνευτή φωτοδιόδων Waters 2996 με οπτική ανάλυση 1,2 nm, από 400 έως 700 nm
- Η φουκοξανθίνη χρησιμοποιήθηκε ως βιοδείκτης για διάτομα, δινόφυτα, αλλοξανθίνη και κρυπτόφυτα.

Υλικά και μέθοδοι - Στατιστική ανάλυση

- Χρησιμοποιήθηκε το Wilcoxon test στην R για μη-παραμετρικές συγκρίσεις των συγκεντρώσεων Chl-a, TP, TN
- Πραγματοποιήθηκε σύγκριση των εκροών υγρών αποβλήτων πριν (2000-2005) και μετά (2006-2013).
- Η συσχέτιση του Spearman χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τις συνδέσεις μεταξύ περιβαλλοντικών παραμέτρων και βιολογικών μεταβλητών.
- Η απόκριση της λιμνοθάλασσας στην εκτροπή λυμάτων δοκιμάστηκε χρησιμοποιώντας ANOVA με παραμέτρους συγκέντρωση Chl-a , αφθονία πίκου και νάνο ευκαρυωτικών οργανισμών.
- Για να χαρακτηριστούν οι χωροχρονικές διαφορές στη ποικιλομορφία χρωστικών ουσιών και των συγκεντρώσεων τους, στην λιμνοθάλασσα χρησιμοποιήθηκε μη παραμετρικά πολυπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (Permanova) και δύο βασικές αναλύσεις
- Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό R

Αποτελέσματα

| Lagoon | Trophic status | Area (km ²) | Volume (10 ⁶ m ³) | Mean depth (m) | Main freshwater | Connections to the sea | Station | Label of the station |
|----------------|----------------|-------------------------|--|----------------|-----------------|------------------------|----------------|----------------------|
| Méjean | Hypertrophic | 5.5 | 4.1 | 0.75 | Channel | Indirect | East Méjean | ME |
| | | | | | | | West Méjean | MW |
| Grec | Hypertrophic | 2.7 | 0.7 | 0.30 | Channel | Indirect | Grec | GC |
| Arnel | Hypertrophic | 4.7 | 1.9 | 0.40 | River | Indirect | Arnel | AN |
| Prévoist | Eutrophic | 3.8 | 2.9 | 0.75 | Channel | Direct | East Prévoist | PE |
| | | | | | | | West Prévoist | PW |
| Vic | Eutrophic | 11.5 | 13.8 | 1.2 | Channel | Indirect | Vic | VC |
| Pierre blanche | Eutrophic | 3.7 | 1.5 | 0.4 | Channel | Indirect | Pierre blanche | PB |
| North Ingril | Mesotrophic | 3.2 | 2.2 | 0.6 | Channel | Indirect | North Ingril | IN |
| South Ingril | Mesotrophic | 3.6 | 1.9 | 0.6 | Channel | Direct | South Ingril | IS |

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά των 10 σταθμών δειγματοληψίας στο Palavasian σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών. Τροφική κατάσταση, εισροές γλυκού νερού και ανταλλαγές θαλασσινού νερού

Αποτελέσματα

Χαρακτηρισμός των λιμνοθαλασσών για ολόκληρη την περίοδο παρακολούθησης (2000-2013)

- Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, τόσο η μέση θερμοκρασία όσο και οι διακυμάνσεις της στις λιμνοθάλασσες κυμαινόταν περίπου 25 °C με εύρος μεταξύ 20 °C και 31 °C .
- Οι λιμνοθάλασσες παρουσίασαν μια τροφική κλίση, από μεσοτροφία (IN, IS) σε υπερτροφία (MW) με βάση τις μέσες τιμές Chl a και συνολικές συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου (TN, TP).
- Την περίοδο (2000-2013) οι μέσες τιμές χλωροφύλλης κυμαίνονταν από 3,7 mgChl a L⁻¹ στο IS έως 83,1 mgChl a L⁻¹ στην MW και οι μέσες τιμές TN και TP κυμαίνονταν από 30,7 έως 0,9 μM, αντίστοιχα στην IS και από 196 έως 12,4 μM, αντίστοιχα στην MW (Πίνακας 2).
- Οι υψηλότερες τιμές βιομάζας και αφθονίας του φυτοπλαγκτού παρατηρήθηκαν πριν από την εκροή λυμάτων στις λιμνοθάλασσες. Η μέγιστη συγκέντρωση Chl ήταν 413 mg L⁻¹ και παρατηρήθηκε τον Ιούνιο 2004 στην πιο υπερτροφική λιμνοθάλασσα MW

Αποτελέσματα

Χαρακτηρισμός των λιμνοθαλασσών για ολόκληρη την περίοδο παρακολούθησης (2000-2013)

| Station | Salinity | TN (μM) | TP (μM) | Chl <i>a</i> ($\mu\text{gChl } a.L^{-1}$) | PE-CYAN (10^6 cell/L^{-1}) | PEUK (10^6 cell/L^{-1}) | Nano (10^6 cell/L^{-1}) |
|---------|------------------|----------------------|----------------------|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MW | 26.8 (13.9–38.1) | 196 (42.7–527) | 12.4 (2.8–30.0) | 83.1 (1.6–413) | 0 (0–267) | 1000 (0–9158) | 6.9 (0–16303) |
| ME | 30.0 (19.9–36.5) | 108 (37.6–296) | 5.6 (1.2–17.7) | 42.2 (0.7–274) | 1.3 (0–333) | 280 (0.5–4567) | 5.1 (0–4300) |
| GC | 32.0 (22.1–39.8) | 149 (36.1–432) | 8.0 (1.5–32.4) | 73.2 (0.9–361) | 3.6 (0–72.9) | 257 (3.7–6526) | 13.1 (0–455) |
| AN | 35.7 (16.9–45.9) | 86.3 (34.5–298) | 4.6 (1.5–27.0) | 47.6 (1.0–393) | 0.5 (0–57) | 49.4 (1.3–22000) | 7.6 (0.8–1660) |
| PW | 36.8 (27.1–44.0) | 56.0 (25.4–137) | 2.4 (0.7–6.1) | 12.7 (0.7–54.0) | 1.2 (0–18.9) | 10.4 (0.2–1900) | 5.8 (0.5–128) |
| PE | 36.5 (30.7–40.5) | 53.0 (15.4–188) | 2.3 (0.8–8.8) | 15.2 (0.8–104) | 2.7 (0–79.4) | 32 (0.4–725) | 10.5 (0.2–627) |
| VC | 38.1 (21.4–51.0) | 65.2 (38.2–166) | 3.0 (0.8–13.0) | 9.9 (1.2–50.8) | 0 (0–10.6) | 15.4 (0.4–3200) | 3.5 (0–63.4) |
| PB | 37.3 (23.3–48.1) | 69.6 (37.1–132) | 3.8 (1.4–8.2) | 20.9 (1.3–101) | 0.2 (0–32) | 15.8 (1–1975) | 4.3 (0–157) |
| IN | 38.8 (31.9–44.1) | 34.5 (16.0–80.0) | 1.2 (0.4–4.9) | 4.8 (0.1–20.8) | 1.7 (0–43) | 16.2 (0.7–1081) | 2.3 (0–18.6) |
| IS | 38.9 (33.8–44.5) | 30.7 (9.6–75.6) | 0.9 (0.5–1.9) | 3.7 (0.2–20.5) | 5 (0–237) | 5 (0–237) | 1.7 (0–24.8) |

Πίνακας 2. Μηνιαίες μέσες τιμές, θερμοκρασίας, αλατότητας, χλωροφύλλης-α, αζώτου, φωσφόρου κατά την καλοκαιρινή περίοδο 2000-2013.

Αποτελέσματα

Αλλαγές στους δείκτες ευτροφισμού πριν και μετά την εκροή λυμάτων

- Οι συγκεντρώσεις TN, TP και χλωροφύλλης έδειξαν έντονες διακυμάνσεις καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου, οι οποίες σχετίζονται εν μέρει με τις αλλαγές πριν και μετά την εκροή των λυμάτων.
- Αυτές οι τρεις μεταβλητές μειώθηκαν σημαντικά μετά την εκροή θρεπτικών για όλες τις λιμνοθάλασσες δείχνοντας μείωση του ευτροφισμού. (Πίνακας 3)
- Οι μέσες τιμές TN, TP και Chl-α μειώθηκαν για την περίοδο 2006-2013 (αντίστοιχα, 47 μM , 1,9 μM και 3,4 $\text{mgChl}a \text{ L}^{-1}$) σε σύγκριση με την περίοδο 2000-2005 (αντίστοιχα, 84 μM , 3,8 μM και 23 $\text{mgChl}a \text{ L}^{-1}$).
- Οι συγκεντρώσεις φωσφορικών (PO_4^{3-}) δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο περιόδων.
- Η αμφίδρομη ANOVA και Permutation έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις Chl-α, οι συγκεντρώσεις TN και TP έχουν $p\text{-value} < 0.05$ και διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των λιμνοθαλασσών που βρίσκονται στο σύμπλεγμα

Αποτελέσματα

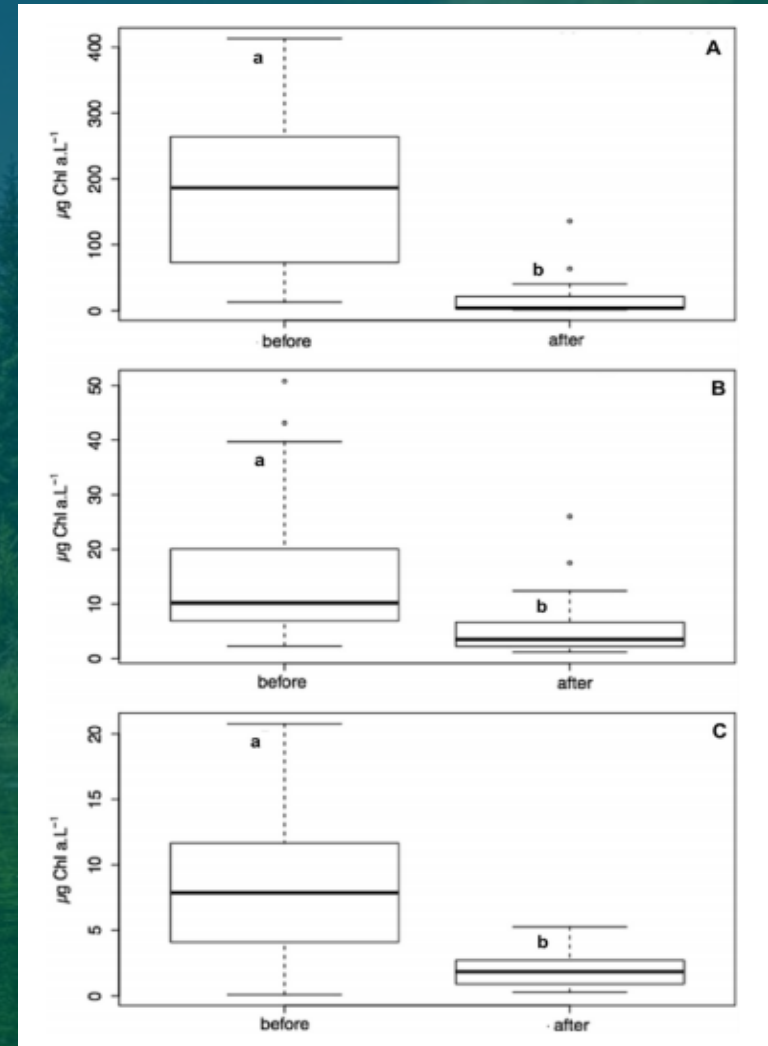
| Pigments and associated taxonomic group | MW ($\mu\text{g.L}^{-1}$) | VC | IN |
|---|--------------------------------|------|------|
| Fucoxanthin (diatoms) | 22.28 | 0.11 | 0.62 |
| Zeaxanthin (cyanobacteria – chlorophytes – prasinophytes) | 4.29 | 0.04 | 0.06 |
| Chlorophyll <i>b</i> (green algae) | 1.73 | 0.16 | 0.1 |
| Lutein (chlorophytes – prasinophytes) | 3.06 | 0.07 | 0.06 |
| Neoxanthin (chlorophytes – prasinophytes) | 1.58 | 0.02 | 0.00 |
| Prasinoxanthin (prasinophytes) | 0.68 | 0.08 | 0.06 |
| Alloxanthin (cryptophytes) | 0.01 | 0.16 | 0.16 |
| 19'But-fucoxanthin (haptophytes) | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| 19'Hex-fucoxanthin (haptophytes) | 0.10 | 0.02 | 0.04 |
| Peridinin (dinophytes) | 0.05 | 3.87 | 0.16 |

Πίνακας 3. Καλοκαιρινές συγκεντρώσεις δεικτών χρωστικών των κύριων φυτοπλαγκτονικών ομάδων το 2006 σε υπερτροφικές (MW), ευτροφικές (VC) και μεσοτροφικές (IN) λιμνοθάλασσες. Μέσες τιμές τριών θερινών τιμών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος)

Αποτελέσματα

Είδη φυτοπλαγκτού: ποιοτική και ποσοτική ανάλυση

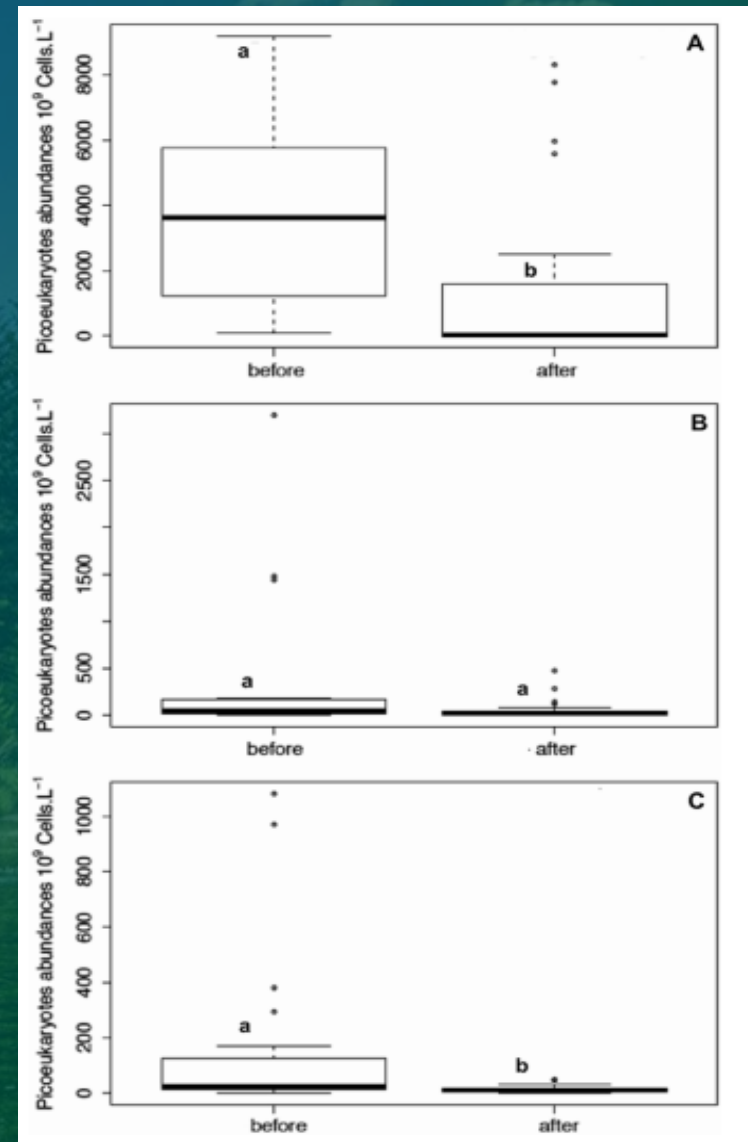
- Η επίδραση της τροφικής κατάστασης των επιλεγμένων λιμνοθαλασσών στις αποκρίσεις του φυτοπλαγκτού στη διαδικασία διερευνήθηκε συγκρίνοντας τις συγκεντρώσεις Chl-α
- Μέση σύγκριση όλων των λιμνοθαλασσών, $p < 0,05$
- Οι συγκεντρώσεις Chl-α μειώθηκαν σημαντικά με μείωση 90,4%, 65,4% και 79,9% στις υπερτροφικές (MW), ευτροφικές (VC) και μεσοτροφικές (IN) λιμνοθάλασσες



Σχήμα 2. Κατανομές της συγκέντρωσης Chl a σε υπερτροφικές (MW, A), ευτροφικές (VC, B) και μεσοτροφικές (IN, C) λιμνοθάλασσες. Θηκογράμμο από καλοκαιρινές τιμές από 2000 έως 2005 από το 2006 έως το 2013.

Αποτελέσματα

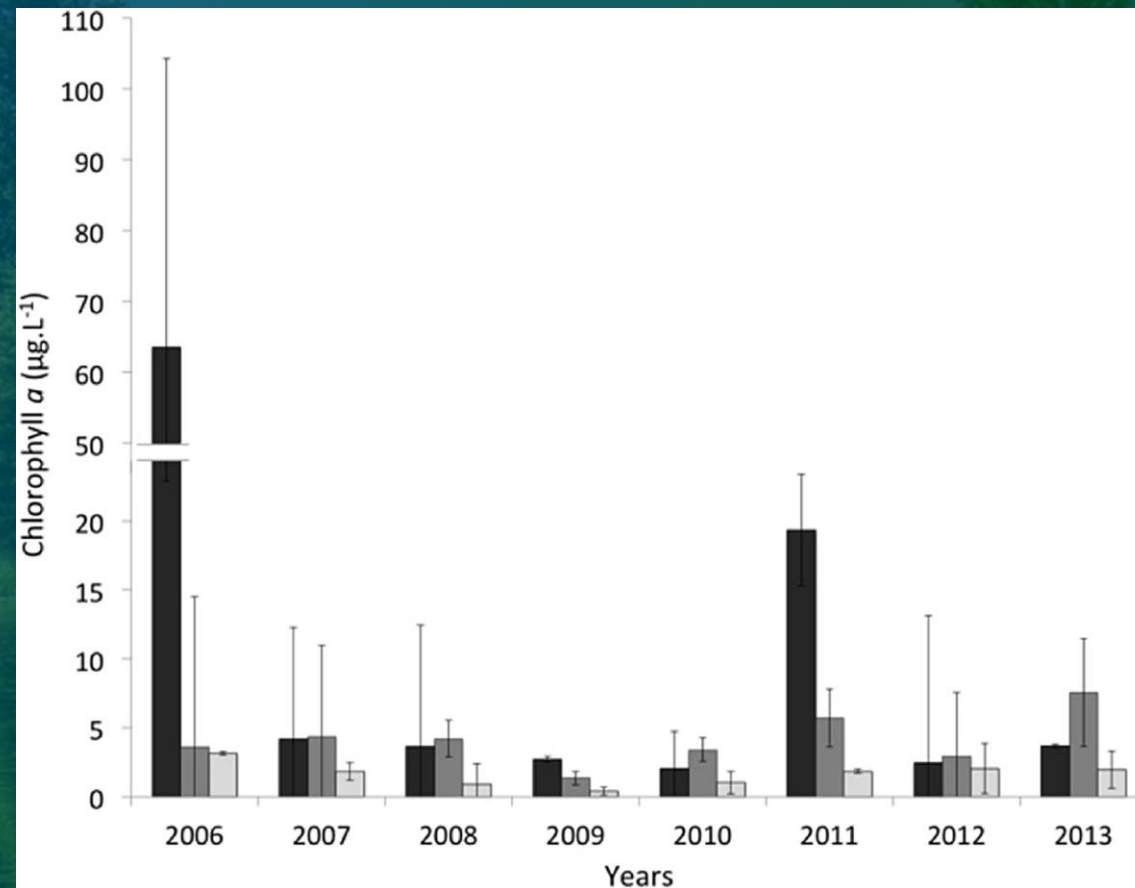
- Οι αφθονίες πύκο-ευκαρυωτικών οργανισμών μειώθηκαν κατά 60,5% και κατά 81,8% σε υπερτροφικές (MW) και μεσοτροφικές (IN) λιμνοθάλασσες, αντίστοιχα
- Στην ευτροφική λιμνοθάλασσα (VC) για τους πύκο-ευκαρυωτικούς οργανισμούς η διαφορά πριν και μετά την εκροή λυμάτων δεν ήταν σημαντική $p\text{-value} > 0,05$.
- Οι αφθονίες των νάνο-ευκαρυωτικών δεν παρουσίασαν καθολική τάση για τις τρεις λιμνοθάλασσες.
- Οι συγκεντρώσεις και οι αφθονίες πύκο-ευκαρυωτικών οργανισμών συσχετίστηκαν σημαντικά, δείχνοντας ότι η απόκριση των λιμνοθαλασσών στη μείωση των θρεπτικών αντανακλάται ιδιαίτερα καλά από τους πύκο-ευκαρυωτικούς.



Σχήμα 3. Κατανομές αφθονίας πύκο-ευκαρυωτικών σε υπερτροφικά (MW, A), ευτροφικά (VC, B) και μεσοτροφικές (IN, C) λιμνοθάλασσες. Θηκογραμμα καλοκαιρινών τιμών από 2000-2005 και 2006-2013

Αποτελέσματα

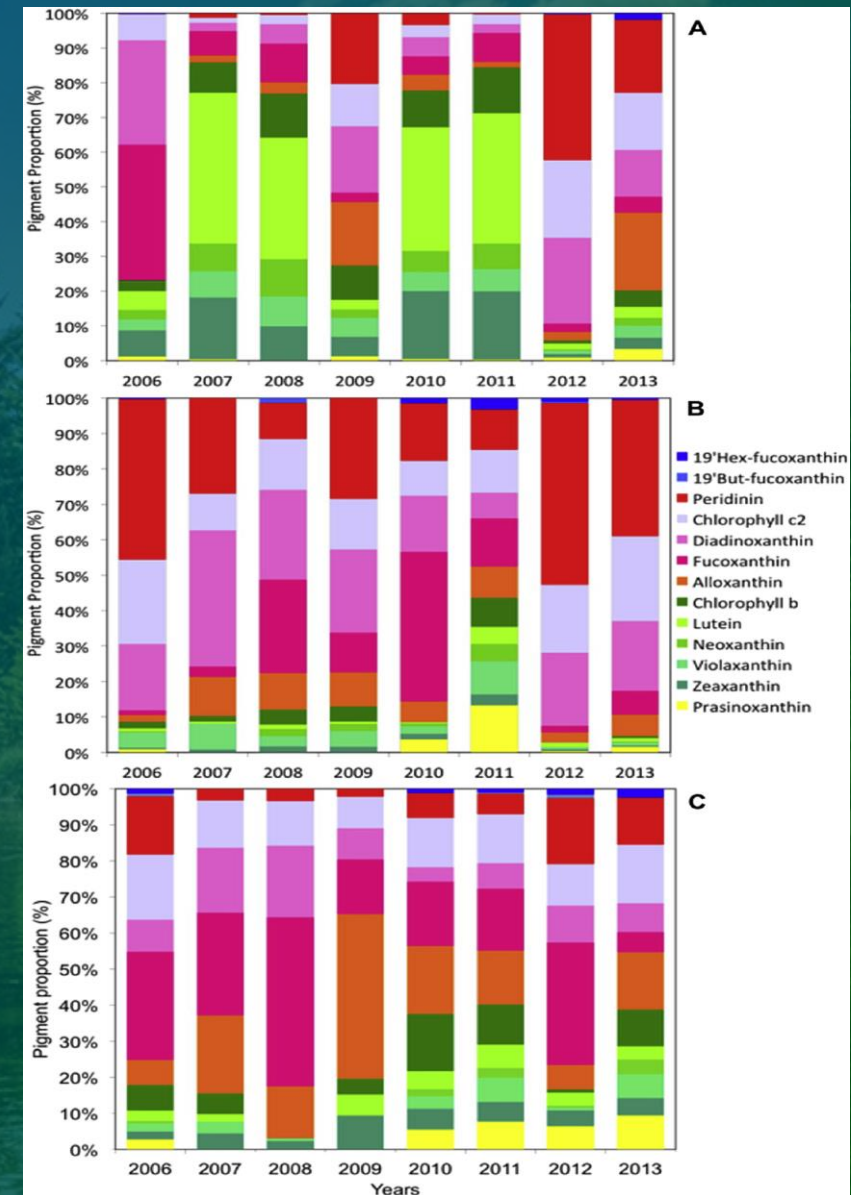
- Η μείωση των συγκεντρώσεων Chl-a ήταν ιδιαίτερα έντονη μεταξύ 2006 και 2007 και εξαρτάται από την τροφική κατάσταση των λιμνοθαλασσών.
- Το καλοκαίρι οι συγκεντρώσεις Chl-a μειώθηκαν κατά 87,7% στην MW, 22,4% στην VC και 46,2% στην IN μεταξύ του 2006-2007 επιτυγχάνοντας μέσες τιμές 1,7 mgChl-a L⁻¹ σε μεσοτροφικές λιμνοθάλασσες (IN) έως 9,8 mgChl-a L⁻¹ σε υπερτροφική λιμνοθάλασσα (MW) το καλοκαίρι του 2007
- Από το 2007, οι μέσες συγκεντρώσεις Chl-a παρέμειναν κάτω από 10 mgChl-a L⁻¹, εκτός το 2011 στην υπερτροφική λιμνοθάλασσα (MW) όπου η μέση συγκέντρωση έφτασε τα 20,1 mgChl-a L⁻¹



Σχήμα 4. Συγκεντρώσεις Chl-a σε υπερτροφικές (MW), ευτροφικές (VC) και μεσοτροφικές (IN) λιμνοθάλασσες 2006 -2013. Μέσα τριών θερινών τιμών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος). Μαύρο, σκούρο γκρι και ανοιχτό γκρι υποδηλώνουν MW, VC και IN λιμνοθάλασσες, αντίστοιχα

Αποτελέσματα

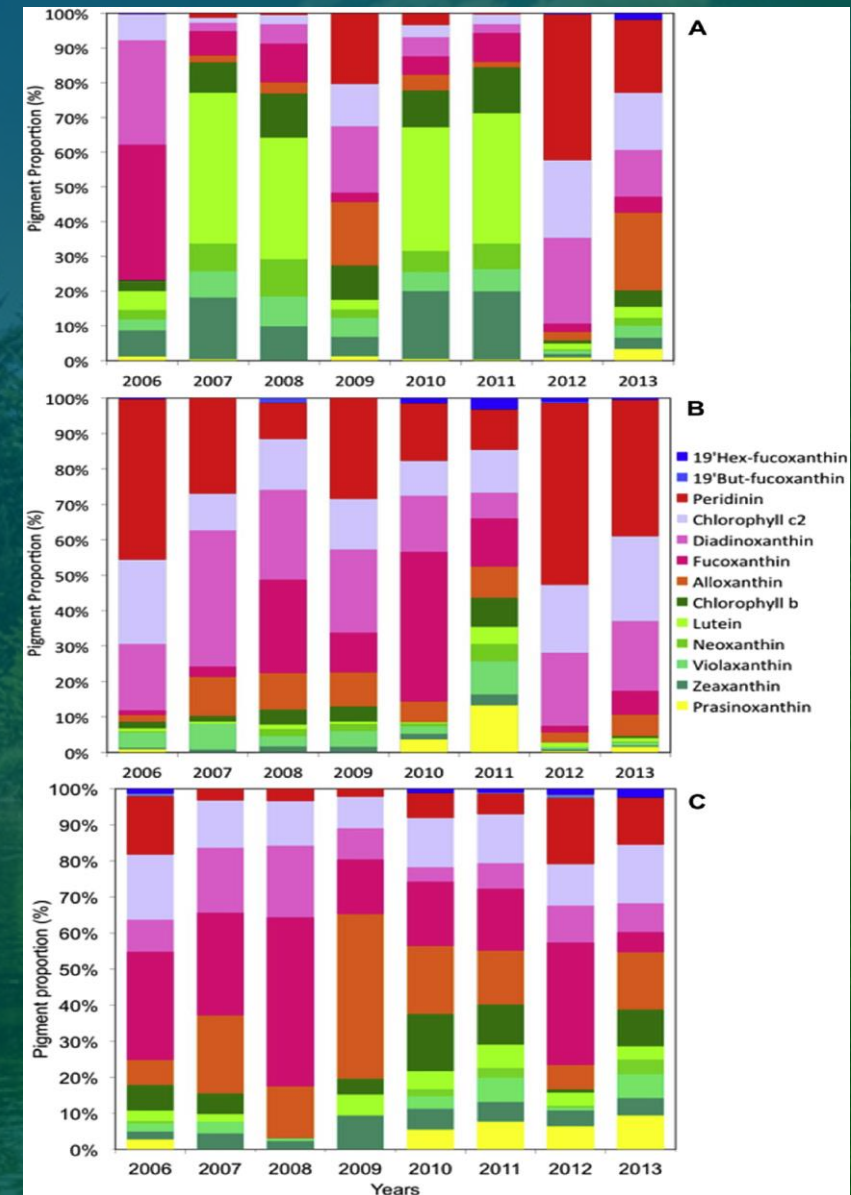
- Στην υπερτροφική λιμνοθάλασσα (MW), η φουκοξανθίνη ήταν η κυρίαρχη χρωστική ουσία το 2006, υποδηλώνοντας την κυριαρχία των διατόμων .
- Οι πράσινες χρωστικές (Chl b, λουτεΐνη, νεοξανθίνη, βιολαξανθίνη, πρασινοξανθίνη και ζεαξανθίνη) παρουσίασαν επίσης υψηλές συγκεντρώσεις και αναλογίες
- Στην ευτροφική λιμνοθάλασσα (VC) η περιδινίνη έδειξε υψηλό ποσοστό το 2006 (45,4%) υποδηλώνοντας την κυριαρχία των δινόφυτων.
- Στην μεσοτροφική λιμνοθάλασσα (IN), οι αναλογίες των χρωστικών κυμάνθηκαν λιγότερο από ό, τι στις άλλες λιμνοθάλασσες υποδηλώνοντας την αυξημένη ποικιλομορφία φυτοπλαγκτού



Σχήμα 5. Αναλογίες χρωστικών σε υπερτροφικές (MW, A), ευτροφικές (VC, B) και μεσοτροφικές (IN, C) λιμνοθάλασσες από το 2006 έως το 2013

Αποτελέσματα

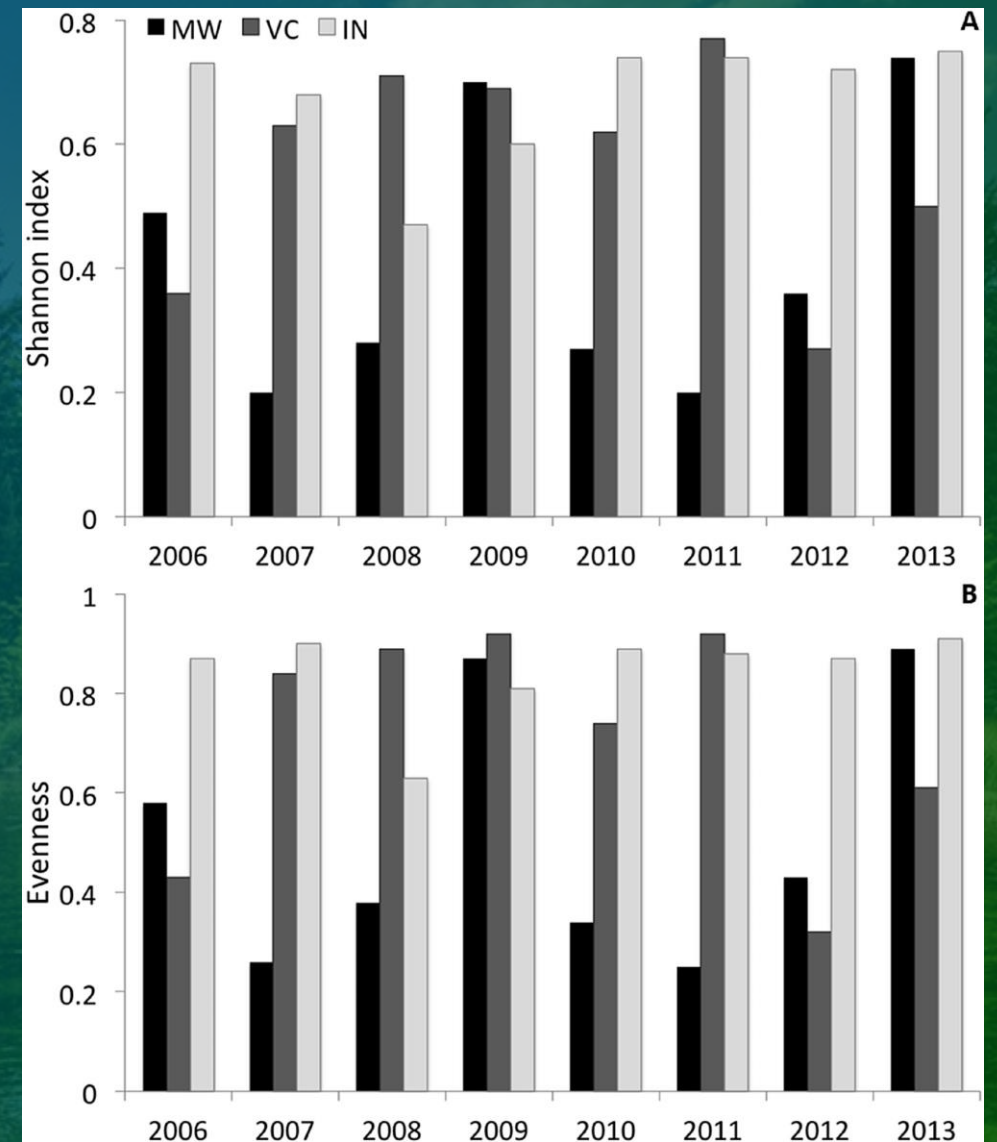
- Στην υπερτροφική λιμνοθάλασσα (MW), η αναλογία φουκοξανθίνης μειώθηκε κατά 99,7 μεταξύ των καλοκαιριών 2006 και 2007 και αυτή η μείωση συνεχίστηκε μέχρι το 2011.
- Το έτος 2011 χαρακτηρίστηκε από έντονη αλλαγή της σύνθεσης των χρωστικών με τη χαμηλότερη συγκέντρωση φουκοξανθίνης.
- Η αλλοξανθίνη, δείκτης κρυπτοφυτών, αυξήθηκε μετά το 2006 και το ποσοστό της κυμάνθηκε μεταξύ 0,02% το 2006 και 22,4% το 2013
- Στην ευτροφική λιμνοθάλασσα (VC), η σύνθεση της χρωστικής του φυτοπλαγκτού κυριαρχούσε από την περιδινίνη, το Chl c2 και τη διανοδινοξανθίνη σε όλη την δειγματοληψία.



Σχήμα 5. Αναλογίες χρωστικών σε υπερτροφικές (MW, A), ευτροφικές (VC, B) και μεσοτροφικές (IN, C) λιμνοθάλασσες από το 2006 έως το 2013

Αποτελέσματα

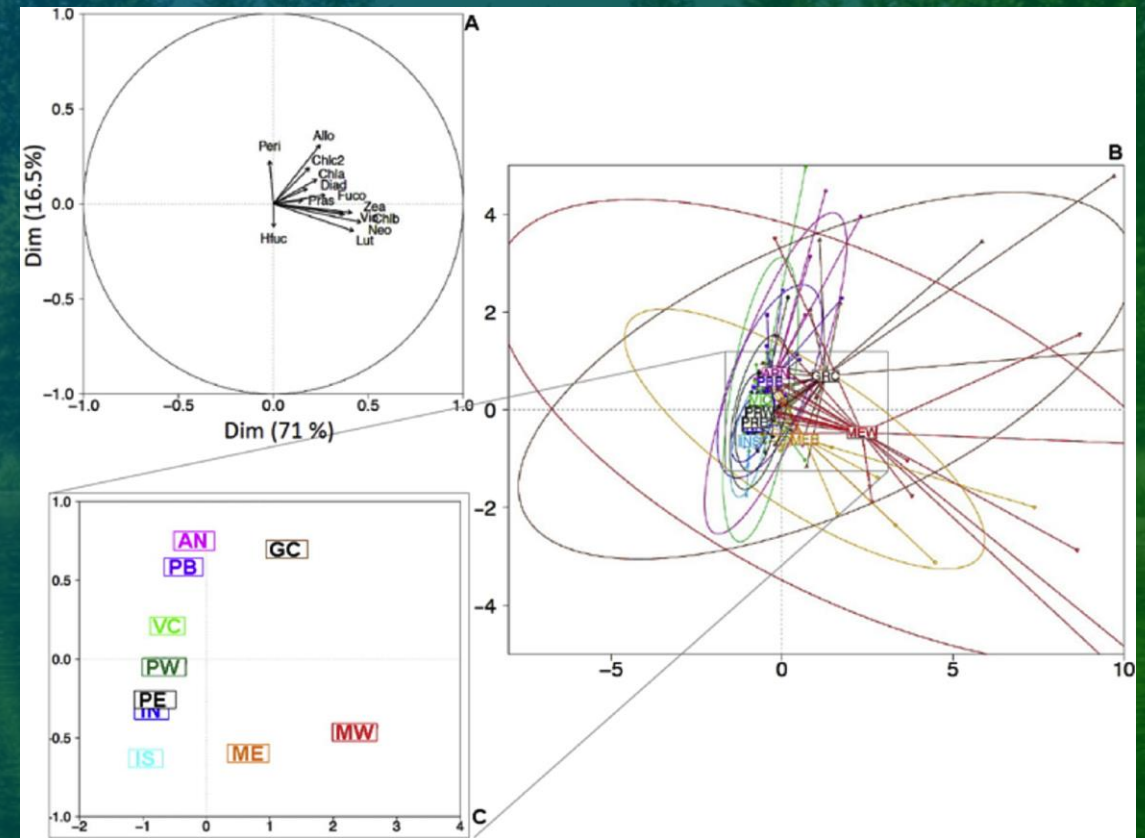
- Χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες Shannon και Evenness για τον υπολογισμό της φυτοπλαγκτονικής ποικιλότητας
- Ο πλούτος των κύριων ταξινομικών ομάδων ήταν σημαντικά χαμηλότερος κατά την περίοδο 2007-2009 από ό, τι το 2006 και μετά το 2010.
- Η χαμηλή ποικιλομορφία κατά τη διάρκεια των πρώτων ετών αντικατοπτρίζει ότι στην βιοκοινότητα επικρατούσαν τα διάτομα, πράσινα φύκια και τα κρυπτόφυτα.
- Κατά της διάρκεια των χρόνων υπήρχε υψηλότερη ποικιλομορφία στη μεσοτροφική λιμνοθάλασσα (IN) σε σύγκριση με την υπερτροφική λιμνοθάλασσα (MW).
- Ο δείκτης Evenness έδειξε χαμηλότερες τιμές στην υπερτροφική λιμνοθάλασσα (MW) σε σύγκριση με την μεσοτροφική (IN) λόγω της κυριαρχίας των χλωροφυκών στην MW



Σχήμα 6. Τιμές των δεικτών Shannon και Evenness στις βιοκοινότητες φυτοπλαγκτού στις λιμνοθάλασσες MW, VC, IN

Είδη φυτοπλαγκτού: Ποιοτική και Ποσοτική ανάλυση

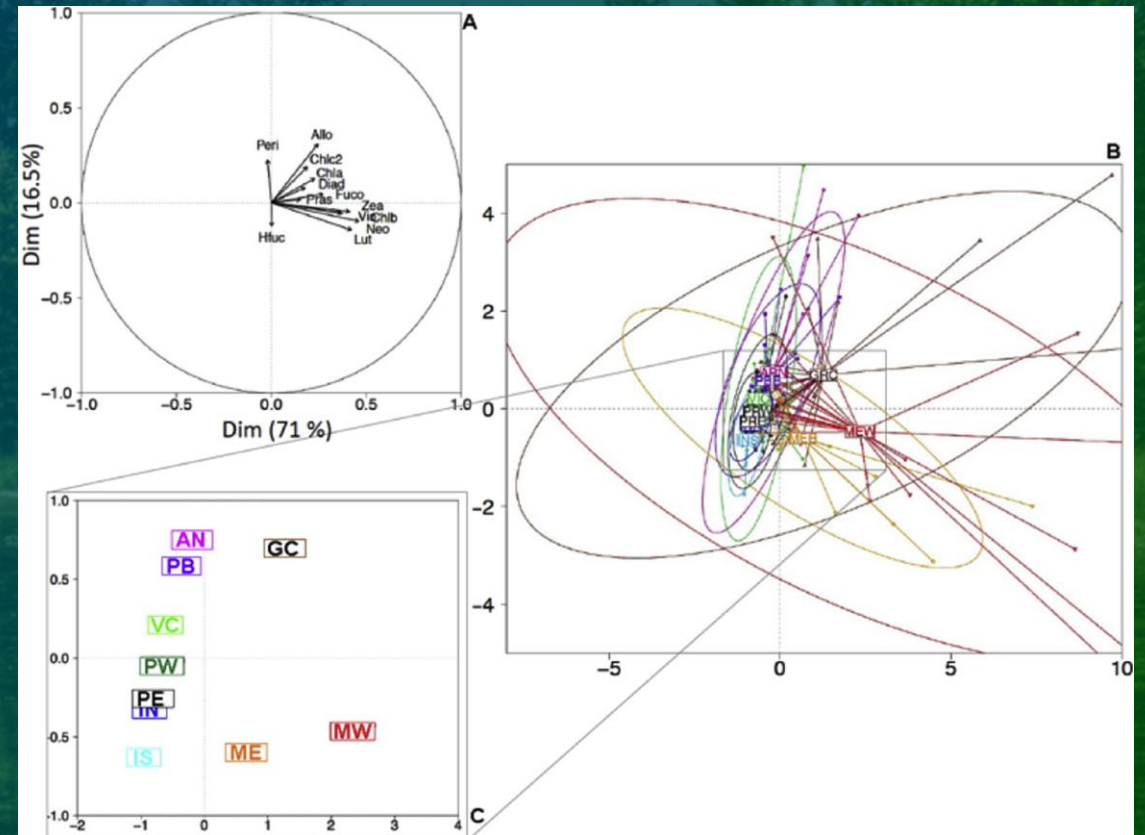
- A. Ο κύκλος συσχέτισης δείχνει μια προβολή της συγκέντρωσης χρωστικών κατά μήκος των δύο αξόνων με διαφορετικό ποσοστό διακύμανσης μεταξύ τάξης.
- B. Οι ετικέτες αντιστοιχούν στο κεντρικό βάρος όλων των τιμών και η έλλειψη αντιπροσωπεύει το όριο εμπιστοσύνης 95% του μέσου όρου
- C. Θέση κάθε κέντρου βάρους
- Η πρώτη ανάλυση κύριων συνιστωσών έδειξε διαφορές μεταξύ των λιμνοθαλασσών



Σχήμα 7 .Ανάλυση κύριων συνιστωσών των σταθμών δειγματοληψίας 2006-2013 στο σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών

Αποτελέσματα

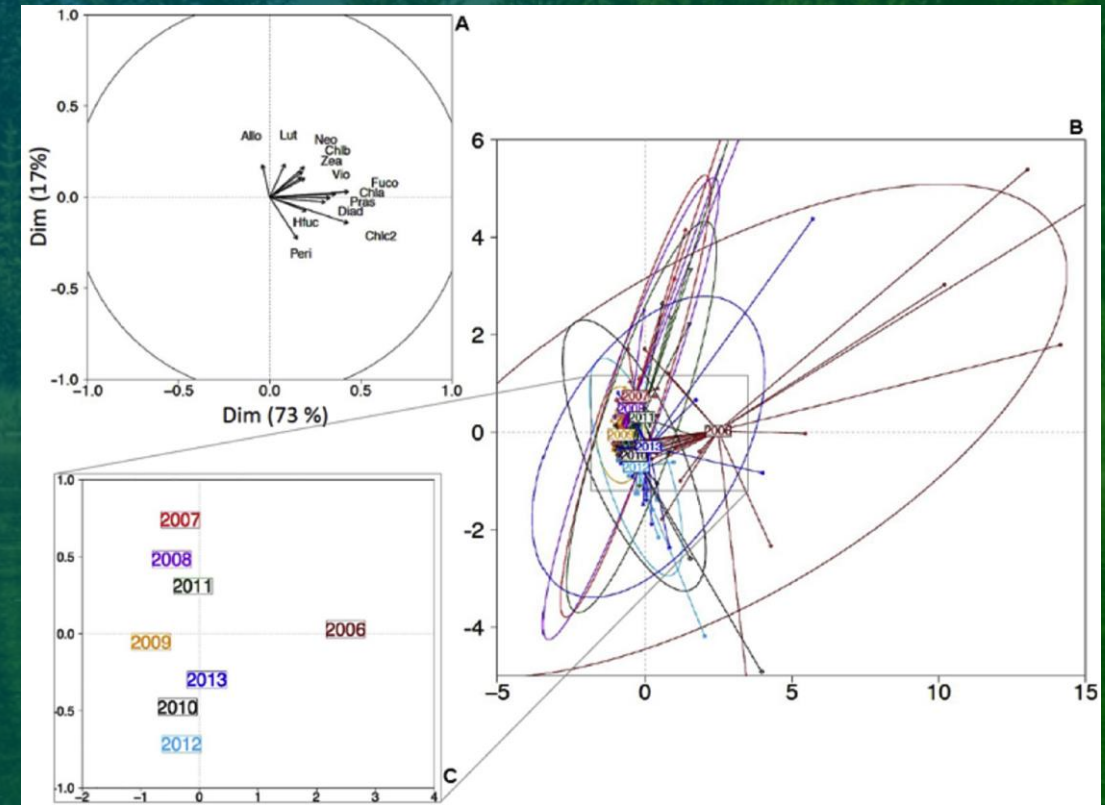
- Ο πρώτος άξονας εξηγεί το 71% της συνολικής διακύμανσης, και αποτελείται κυρίως από χρωστικούς δείκτες των χλωροφυκών, διατόμων και σχετίζεται με τη συνολική βιομάζα.
- Η προβολή της χρωστικής σύνθεσης των δέκα σταθμών έδειξε ότι το 2006 διέφερε από άλλα χρόνια από μια ισχυρότερη συγκέντρωση των χρωστικών
- Η ομάδα των υπερτροφικών σταθμών παρουσίασε μια πολύ μεγάλη έλλειψη που υποδηλώνει μια ισχυρή μεταβλητότητα των συγκεντρώσεων χρωστικών ουσιών.
- Το κέντρο βάρους τους βρισκόταν επίσης κοντά στο Chl a, δείχνοντας αυξημένη βιομάζα σε αυτούς τους σταθμούς σε σύγκριση με τους άλλους



Σχήμα 7 .Ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) των σταθμών δειγματοληψίας 2006-2013 στο σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών

Αποτελέσματα

- Η βιομάζα φυτοπλαγκτού ήταν ακόμη υψηλή το καλοκαίρι του 2006, έξι μήνες μετά την εκτροπή του καναλιού
- Τα διάτομα ήταν η κύρια ομάδα στους δέκα σταθμούς, με υψηλότερη συγκέντρωση φουκοξανθίνης σε σύγκριση με τις άλλες χρωστικές που εξηγούν το θέση του κεντρικού βάρους του τρέχοντος έτους στον άξονα 1.
- Τα επόμενα χρόνια είναι διαφορετικά από το 2006 κατά μήκος του άξονα 2, δείχνοντας μεταβολή στη βιομάζα και τη σύνθεση του φυτοπλαγκτού
- Η θέση τους δείχνει έντονη μείωση των συγκεντρώσεων Chl και μετατοπίσεις στη σύνθεση φυτοπλαγκτού με μείωση των διατόμων και αύξηση των χλωροφυκών κυρίως το 2007 και το 2008. Από 2007 έως 2012



Σχήμα 8 Δεύτερη ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) των σταθμών δειγματοληψίας 2006-2013 στο σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών

Συζήτηση

- Στο σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών, Οι κύριες λειτουργικές / ταξινομικές ομάδες εκπροσωπήθηκαν από τα διάτομα, πράσινα φύκια, κρυπτόφυτα και δινόφυτα.
- Επιπλέον, η βαθμίδα ευτροφισμού στις λιμνοθάλασσες συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τις εισροές γλυκών υδάτων.
- Πριν από τη μείωση των θρεπτικών φορτίων, οι λιμνοθάλασσες στο σύμπλεγμα «Palanasian» υποβαθμίστηκαν έντονα από τακτικές εισροές αζώτου και φωσφόρου από επεξεργασμένα λύματα.
- Οι λιμνοθάλασσες Mejean και Grec παρουσίασαν Chl συγκεντρώσεις κοντά σε αυτές υπερτροφικών λιμνοθαλασσών

Συζήτηση

- Σε αυτές τις λιμνοθάλασσες, το φυτοπλαγκτόν ήταν ο σημαντικότερος πρωτογενής παραγωγός, η υπερβολική ανάπτυξη του οδήγησε σε πλήρη απώλεια των κοινοτήτων φανερόγαμων και η χαμηλή κάλυψη μακροφυκών ενδέχεται να οφείλονται ανταγωνισμός για το φως
- Μετά την εφαρμογή της εκροής , TN, TP και Chl a, η βιομάζα ανταποκρίθηκε με έντονη μείωση των θρεπτικών συστατικών, ανεξάρτητα από την προηγούμενη τροφική κατάσταση των λιμνοθάλασσών. που έχει ήδη παρατηρηθεί τέτοια μείωση κατά τη διάρκεια διεργασιών επανα-ολιγοτροφίας σε λιμναία, ή παράκτια οικοσυστήματα.
- Η μείωση της Chl-a συνδέθηκε στενά με την προηγούμενη τροφική κατάσταση της λιμνοθάλασσας, και οφείλεται κυρίως στη μείωση των αφθονιών πύκο- ευκαρυωτικών οργανισμών.

Συζήτηση

- Οι θρεπτικές συνθήκες που παρατηρήθηκαν σε αυτές τις λιμνοθάλασσες έδειξαν τεράστιες ανθήσεις - Blooms, που παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα σε ευτροφικές και υπερτροφικές λιμνοθάλασσες.
- Αυτές οι πύκο-πλαγκτονικές ανθίσεις συχνά αντιπροσώπευαν το κυρίαρχο κλάσμα της βιομάζας Chl καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού, οδηγώντας σε ισχυρή εξάντληση θρεπτικών συστατικών σε αυτά ιδιαίτερα ευτροφισμένα συστήματα
- Αυτά τα φαινόμενα θα μπορούσαν να εξηγήσουν την απουσία σημαντικών αλλαγών για τις συγκεντρώσεις ανόργανου αζώτου και φωσφόρου μετά τη μείωση του φόρτου θρεπτικών ουσιών.
- Η ταχύτητα απόκρισης των παράκτιων λιμνοθαλασσών θα μπορούσε επίσης να συσχετιστεί με ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του πέντε έτη (2006-2010), που χαρακτηρίζονται από χαμηλές ή καθόλου βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού

Βιβλιογραφία

- A. Leruste, N. Malet, D. Munaron, V. Derolez, E. Hatey, Y. Collos, R. De Wit, B. Bec, First steps of ecological restoration in Mediterranean lagoons: Shifts in phytoplankton communities, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 180, 2016, Pages 190-203, ISSN 0272-7714.
- Wright, S., Jeffrey, S., Mantoura, R., Llewellyn, C., Bjornland, T., Repeta, D., Welschmeyer, N., 1991. Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids in marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77, 183e196.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας
