

Η διακύμανση των θρεπτικών αλάτων και του διαλυμένου οξυγόνου

συμβάλλει η μυδοκαλλιέργεια στον
ευτροφισμό;

“Καινοτόμες πρακτικές για βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική
μυδοκαλλιέργεια”

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας 2007-2013

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο του Ε.Π. Αλιείας 2007-2013



Ερευνητική ομάδα

- Αμαλία Μωρίκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΑΤΕΙΘ
- Δημήτρης Πετρίδης, Καθηγητής ΑΤΕΙΘ
- Χρυσή Παπαδημητρίου, PhD, MSc, MSc, μεταδιδακτορικός συνεργάτης
- Ειρήνη Φαντίδου, Τεχνολόγος Ιχθυολόγος, MSc, ΑΤΕΙΘ
- Νίκος Καπαγερίδης, φοιτητής Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων ΑΤΕΙΘ

Φ2: Δοκιμές Διαχειριστικών Πρακτικών
Φ2/1: Ποιότητα θαλάσσιου περιβάλλοντος

**Φ2 1.Β. Προσδιορισμός Διαλυμένου στο νερό
Οξυγόνου και Ανόργανων Αλάτων (Ολικό ανόργανο
άζωτο, Ανόργανος φώσφορος)**

Φ3 Επανάληψη της καλύτερης πρακτικής
Φ3/1: Ποιότητα θαλάσσιου περιβάλλοντος

**Φ3/1.Β. Προσδιορισμός Διαλυμένου στο νερό
Οξυγόνου και Ανόργανων Θρεπτικών Αλάτων**

Ποιότητα θαλάσσιου περιβάλλοντος

Δείκτες ποιότητας

- Θρεπτικά άλατα (κυρίως ανόργανο άζωτο και φώσφορος)
- Διαλυμένο οξυγόνο
- Χλωροφύλλη

Παράκτια Νερά - Ευτροφισμός

Ευτροφισμός-τροφική κλίμακα

- Εύτροφα χαρακτηρίζονται τα παράκτια νερά, όταν υπάρχει μεγάλη αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής (φυτοπλαγκτό) λόγω της ύπαρξης περίσσειας θρεπτικών αλάτων
- Η λέξη προέρχεται από την ελληνική λέξη «ευτραφής»

Η ταξινόμηση των νερών σε ευτροφική κλίμακα

- Η συστηματική παρακολούθηση των παραμέτρων ποιότητας συγκεντρώνει μεγάλο όγκο δεδομένων
- Στη μελέτη αυτών των βάσεων δεδομένων στηρίζεται η ταξινόμηση σε τρεις βαθμούς ποιότητας, *ολιγότροφα, μεσότροφα και εύτροφα νερά*

Μέθοδοι εκτίμησης του ευτροφισμού

- **Τεχνικές στατιστικής ανάλυσης**
 - Εργαλείο ανάλυσης περιβαλλοντικών δεδομένων, αναγνώριση τάσεων και στατιστικά σημαντικών διαφορών
- **Οικολογικά μοντέλα προσομοίωσης**
 - μαθηματική περιγραφή οικολογικών διεργασιών και εφαρμογή διαφορετικών σεναρίων πρόβλεψης
- **Οικολογικοί δείκτες**
 - Στηρίζονται κυρίως στη δομή της φυτοκοινωνίας
- **Δείκτες θρεπτικών αλάτων**
 - Αναλογία Redfield N:P
 - DIN (Ολικό ανόργανο άζωτο)
 - Δείκτης TRIx, συνδυάζει το λογάριθμο τεσσάρων παραμέτρων: χλωροφύλλη, ολικό ανόργανο άζωτο-νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, ολικό φώσφορο και ποσοστιαία απόκλιση του διαλυμένου οξυγόνου από το επίπεδο κορεσμού
 - Δείκτης $I = [C/C - \log x] + \log A$, που λαμβάνει υπόψη του την επιμέρους συγκέντρωση ενός άλατος, τη συνολική και τον αριθμό των σταθμών δειγματοληψίας
 - Δείκτης EI, λαμβάνει υπόψη $[Si]$, $[PO_4]$, $[NH_3]$, D.O, Fe, Mg

- Όλες αυτές οι μέθοδοι αναπτύχθηκαν εξαιτίας της δυσκολίας ανάλυσης μεγάλων βάσεων περιβαλλοντικών δεδομένων - εξαγωγή συμπερασμάτων
- Προσπάθεια να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα κατάταξη των θαλάσσιων περιοχών με μια ματιά ή με έναν αριθμό σε κλίμακα ποιότητας
- Παράκτιες περιοχές-πολλαπλές πηγές επιβάρυνσης

Κλίμακες ευτροφισμού για τις ελληνικές θάλασσες

Τροφική ταξινόμηση βασισμένη σε θρεπτικά (φωσφορικά, νιτρικά, αμμωνιακά), και χλωροφύλλη-α. Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων δίνονται σε μM και της χλωροφύλλης α σε $\mu\text{g/L}$

Παράμετρος	Ολιγοτροφική Μεσοτροφική	Χαμηλότερη Μεσοτροφική	Υψηλότερη Μεσοτροφική	Ευτροφική
Φωσφορικά (PO_4)	<0.07	0.07-0.14	0.14-0.68	>0.68
Νιτρικά (NO_3)	<0.62	0.62-0.65	0.65-1.19	>1.19
Αμμωνιακά (NH_4)	<0.55	0.55-1.05	1.05-2.2	>2.2
Χλωροφύλλη α	<0.1	0.1-0.6	0.6-2.21	>2.21

(Karydis, 1999)

Karydis M., (1999). Evaluation of the trophic levels in Greek coastal ecosystems. Scientific Report. University of Aegean, Lesvos, February 1999 (in greek).

Οι διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου καθορίζονται από βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή, αλλά και φυσικοχημικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία και η αλατότητα.

Συγκεντρώσεις 2-4 mg O₂/l αναφέρονται ως υποξία και σχετίζονται με αρνητικές επιπτώσεις για τη θαλάσσια ζωή, ενώ τιμές διαλυμένου οξυγόνου μικρότερες από 2 mg O₂/l δημιουργούν ανοξικές συνθήκες (Devlin *et al*, 2007).

Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου mg/l	Προβλεπόμενη επίπτωση
>8	Καμμία επίπτωση
4-8	Χαμηλή επίπτωση
2-4	Εν δυνάμει επίπτωση
<2	Πιθανή επίπτωση

(Best *et al*, 2007)

Best M.A., Wither A.W., Coates S., (2007). Dissolved oxygen as a physico-chemical supporting element in the Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 53-64.

Οδηγίες για τα Παράκτια Νερά

- Οδηγία Πλαίσιο 60/2000/ΕΚ (WFD)
- Οδηγία για τη Θαλάσσια Στρατηγική 56/2008/ΕΚ
- Δεν αναφέρονται σε όρια αλλά σε γενικές οδηγίες για θέσπιση κριτηρίων, καθώς και σε παραμέτρους παρακολούθησης της ποιότητας

Η μελέτη της διακύμανσης του διαλυμένου οξυγόνου και των θρεπτικών αλάτων στο μικροπεριβάλλον της μυδοκαλλιέργειας

- Τέσσερις χειρισμοί κατά μήκος μιας πλωτής πειραματικής γραμμής, σε απόσταση αρμαθιών 30, 50, 70 και 90 εκ. (Ιούλιος 2014 - Απρίλιος 2015)
- Η γραμμή είχε κατεύθυνση Β-Ν, ήταν η ακραία ανατολικά γραμμή της μονάδας, σε απόσταση 10 μ. από τις υπόλοιπες και είχε συνολικό μήκος 100 μ.
- Δείγματα νερού από σταθμό έξω από τη μυδοκαλλιέργεια
- Επανάληψη των μετρήσεων, στο σταθμό αναφοράς και σε δύο χειρισμούς, 30 και 70 εκ. (Ιούνιος-Αύγουστος 2015)
- Επανάληψη του χειρισμού 30 εκ. στη θέση με τις δυσμενέστερες περιβαλλοντικές συνθήκες (μικρό βάθος, χαμηλοί ρυθμοί ανανέωσης νερών)

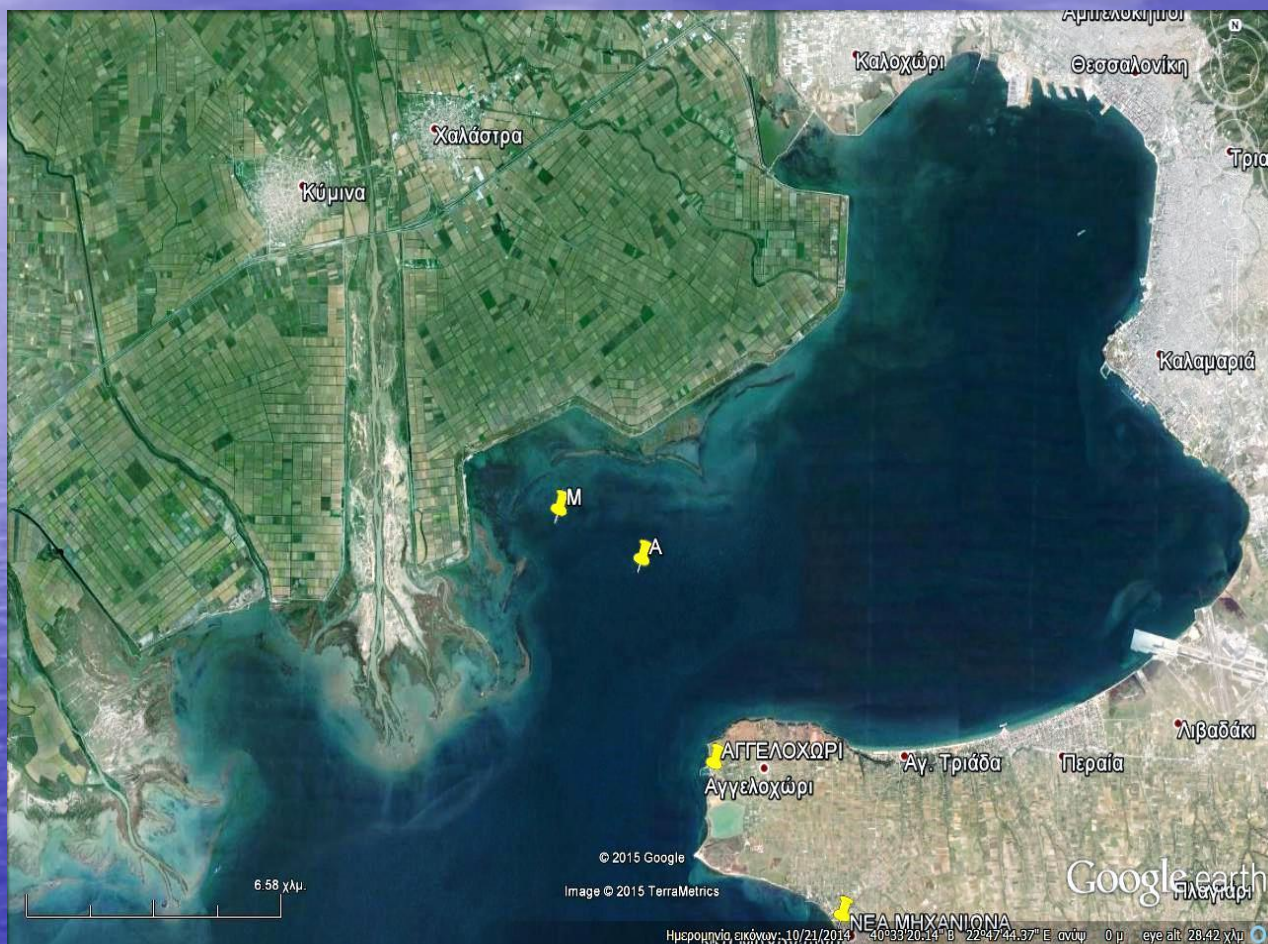
Παράμετροι – Μεθοδολογία

- Διαλυμένο Οξυγόνο,
ιωδομετρική μέθοδος (Winkler)
- Θρεπτικά άλατα,
 - Ανόργανο άζωτο
Νιτρικά $[\text{NO}_3\text{-N}]$, Νιτρώδη $[\text{NO}_2\text{-N}]$, Αμμωνιακά $[\text{NH}_4\text{-N}]$
 - Ορθοφωσφορικά $[\text{PO}_4\text{-P}]$
 - Πυριτικά $[\text{SiO}_4\text{-Si}]$,
φασματοφωτομετρικά (Parsons *et al*, 1984)

Εξετάσθηκαν οι μεταβολές με βάση

- την εποχικότητα
- το βάθος και
- τους χειρισμούς

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με δειγματολήπτη νερού τύπου van Dorn, όγκου 10 L



Η πειραματική πλωτή γραμμή στη μονάδα (M) και ο σταθμός αναφοράς (A) σε απόσταση 2,5 km

Ερωτήματα

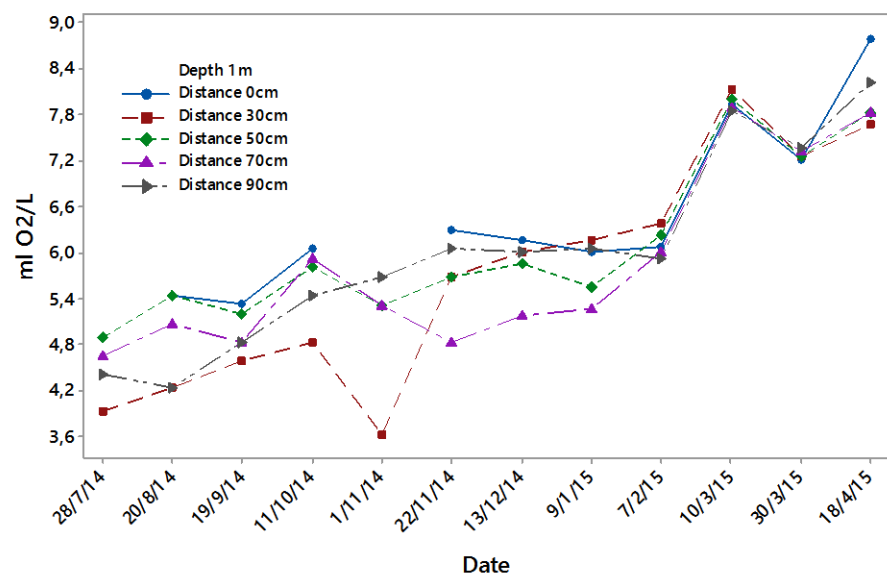
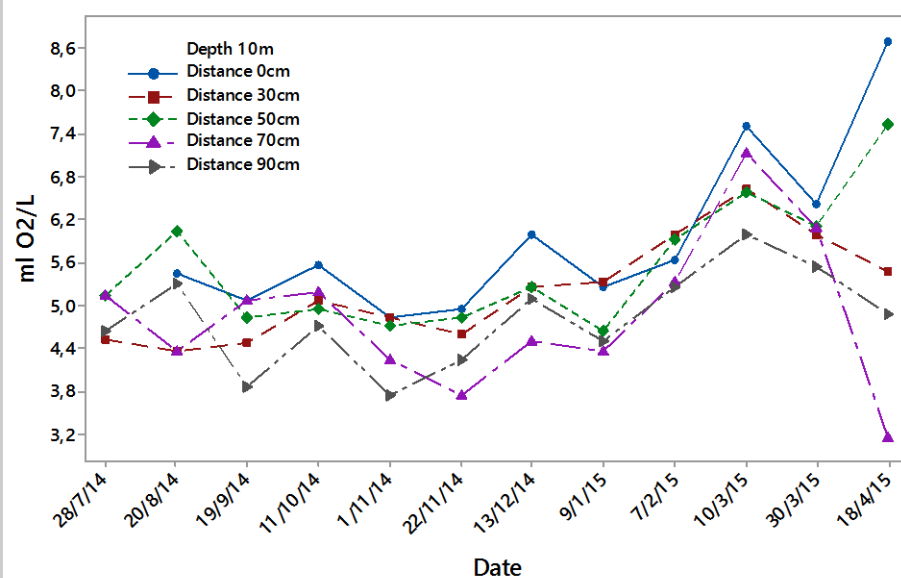
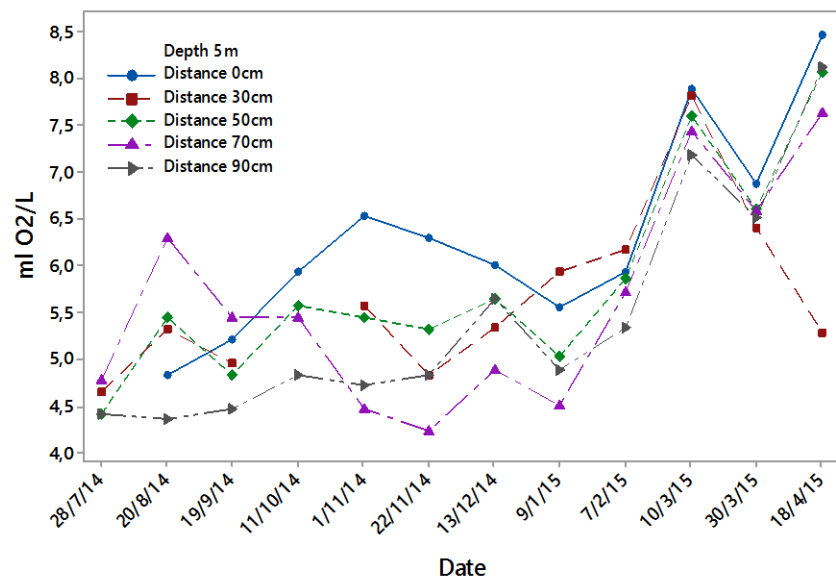
- Ποιος είναι ο κύκλος των θρεπτικών αλάτων;
- Επηρεάζεται από τους διαφορετικούς χειρισμούς;
- Υπάρχει επιβάρυνση στην τροφική κατάσταση του κόλπου από τη μυδοκαλλιέργεια;
- Πως επηρεάζουν οι χειρισμοί τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου;

Αποτελέσματα

- Στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση των τιμών, παρουσιάσθηκε για τα φωσφορικά άλατα, τόσο εποχιακά, όσο και με την επίδραση του βάθους και των χειρισμών.
- Τα νιτρώδη παρουσίασαν διαφοροποίηση εποχιακά και σε σχέση με τους χειρισμούς.
- Η διαφορά στους χειρισμούς, εμφανίσθηκε κυρίως στο βάθος κοντά στον πυθμένα, στον χειρισμό 90 cm.

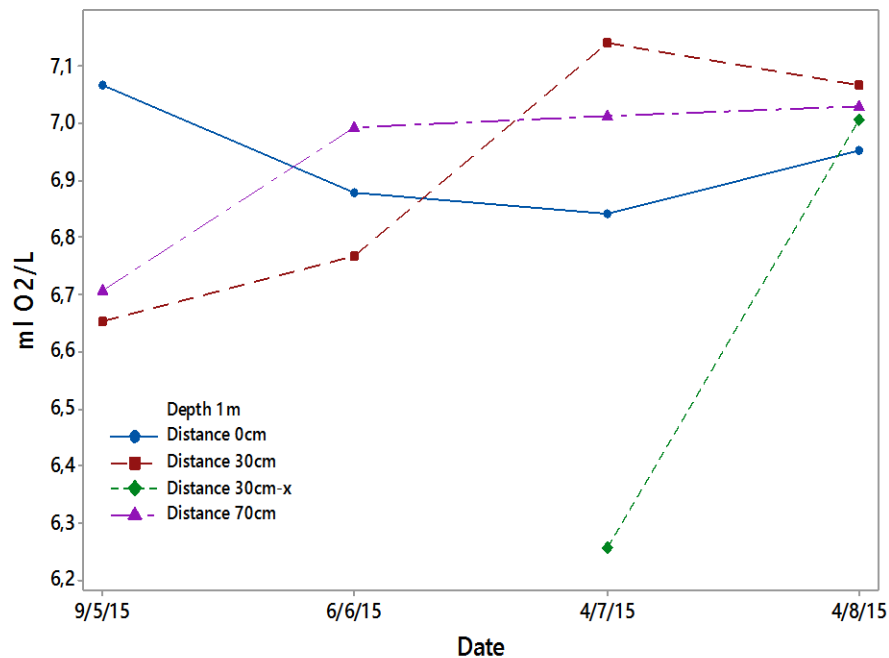
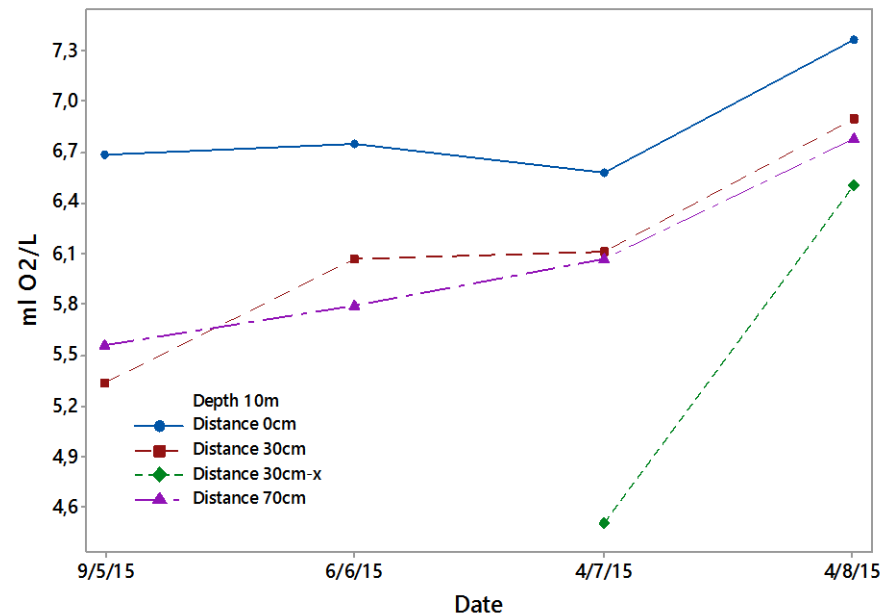
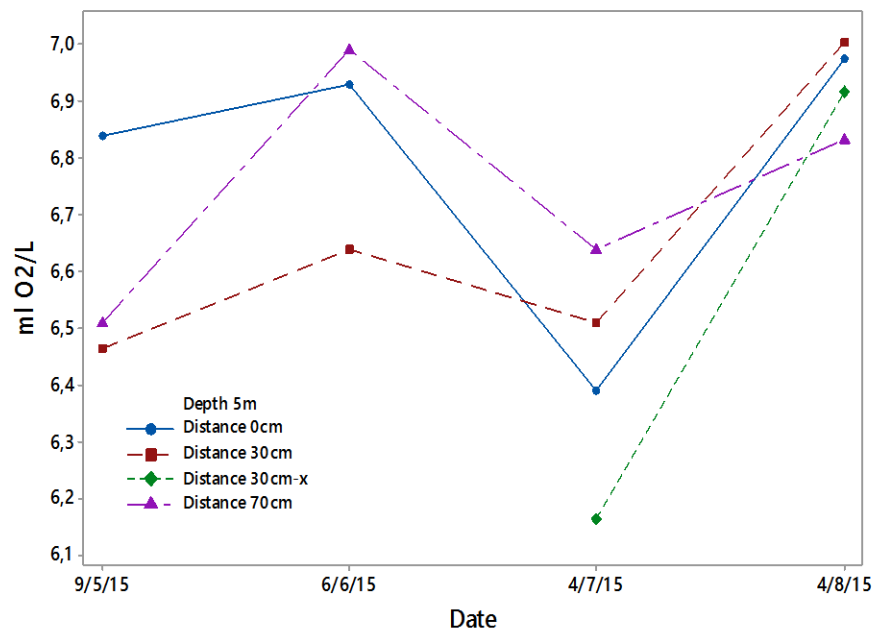
	NO ₂ -N	PO ₄ -P	Chla
Ημερομηνία	+	+	+
Απόσταση χειρισμών	+	+	
Ημερομηνία και Βάθος)		+	

Η εποχιακή διακύμανση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στους χειρισμούς και το σταθμό αναφοράς, στα τρία βάθη, την περίοδο Ιούλιος 2014 - Απρίλιος 2015



➤ Συνολικό εύρος τιμών 3,16-8,80 ml O₂/L χαμηλές τιμές στους χειρισμούς και ιδιαίτερα στην αραίωση 70 cm το Νοέμβριο και Δεκέμβριο, στα 5 και 10 μέτρα βάθος

➤ Οι χαμηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στην αραίωση 30 cm στις 1/11/2014 και στην αραίωση 90 cm κοντά στον πυθμένα, τον Απρίλιο



Η εποχιακή διακύμανση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στους δύο επιλεγμένους για παρακολούθηση χειρισμούς και το σταθμό αναφοράς, στα τρία βάθη, την περίοδο Μάιος 2015 - Αύγουστος 2015

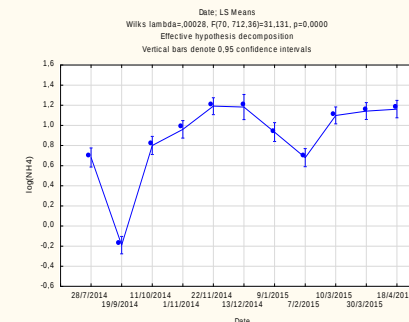
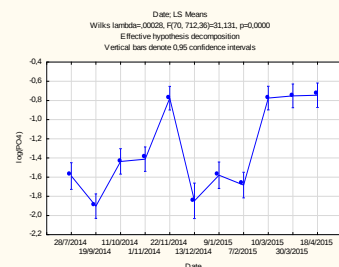
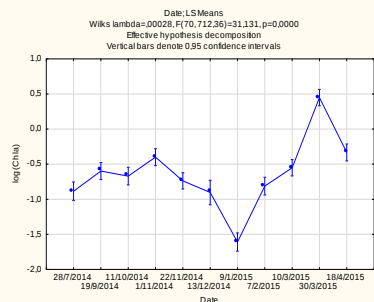
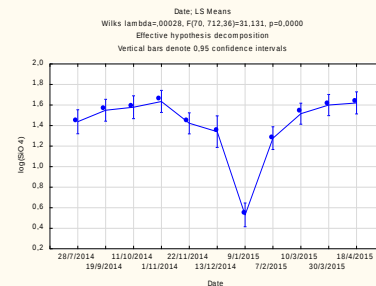
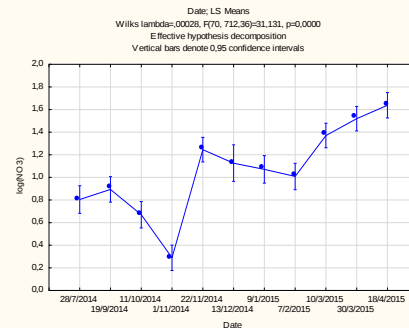
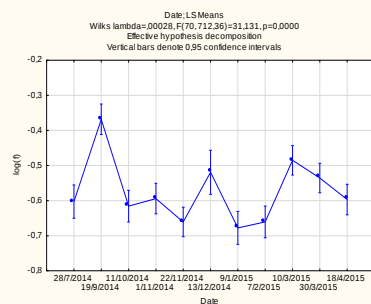
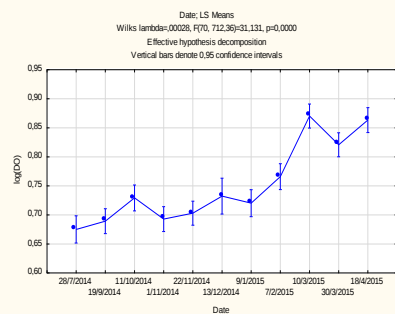
Χαμηλότερες τιμές διαλυμένου οξυγόνου, όταν ο χειρισμός 30 cm τοποθετήθηκε στην εσωτερική θέση της πλωτής εσωτερικής γραμμής

Εύρος τιμών των παραμέτρων

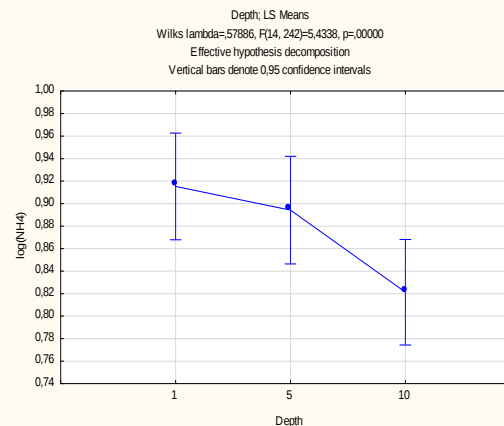
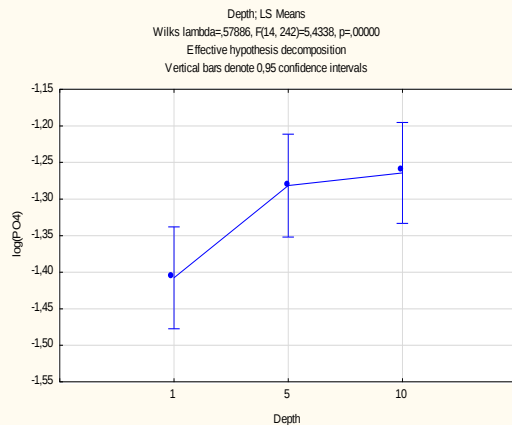
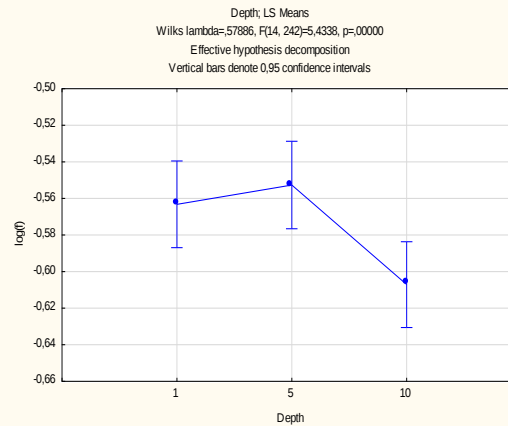
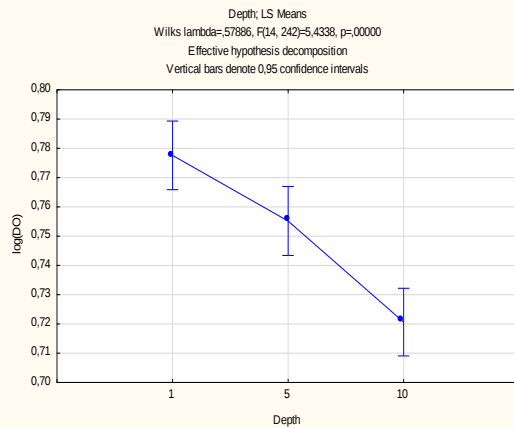
	Chla (mg/m ³)	Φωσφορικά PO ₄ -P μM	Νιτρικά NO ₃ -N μM	Νιτρώδη NO ₂ -N μM	Αμμωνιακά NH ₄ -N μM	Πυριτικά SiO ₄ -Si μM
ml O ₂ /L DO	>0,45μm					
Ιούλιος 2014-Αύγουστος 2015						
avg	5,86	0,52	0,08	0,90	0,33	9,62
min	3,16	0,01	0,01	0,02	0,01	0,28
max	8,80	12,23	0,58	4,79	2,02	82,76
Ιούλιος 2014-Απρίλιος 2015						
avg	5,72	0,56	0,09	1,10	0,31	10,47
min	3,16	0,01	0,01	0,02	0,01	0,28
max	8,80	12,23	0,58	4,79	2,02	25,75

Αποτελέσματα ελέγχου σημαντικότητας, ως προς την εποχικότητα, τους χειρισμούς (απόσταση των αρμαθιών) και το βάθος								
Effect	DF	log(DO) p	log(f) p	log(Chla) p	log(PO4) p	log(NO3) p	log(NH4) p	log(SiO4) p
Date	10	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Distance	4	0,000000	0,752135	0,000758	0,000003	0,858047	0,325947	0,424780
Depth	2	0,000000	0,003447	0,800416	0,007853	0,051640	0,014542	0,329696
Error	127							
Total	143							

- Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, παρουσίασε αυξητική τάση τους εαρινούς μήνες-άνθιση φυτοπλαγκτού
- Μικρή αύξηση υπάρχει επίσης στις 11/10 και τον Δεκέμβριο
- Αντίστοιχα παρατηρείται αύξηση στη χλωροφύλλη στις 2/11
- Για την ανάπτυξη της χλωροφύλλης περιοριστικός παράγοντας είναι ο P
- Τα νιτρικά έχουν μείωση στο peak της χλωροφύλλης το φθινόπωρο και «επανακάμπτουν» πάλι μετά το τέλος του χειμώνα υποστηρίζοντας την εαρινή άνθιση

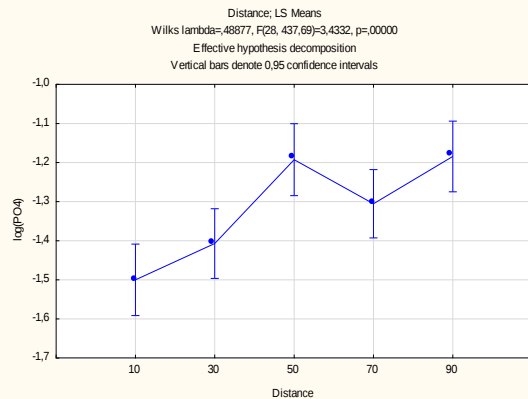
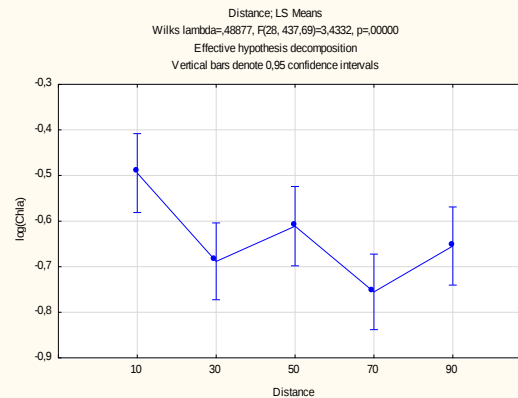
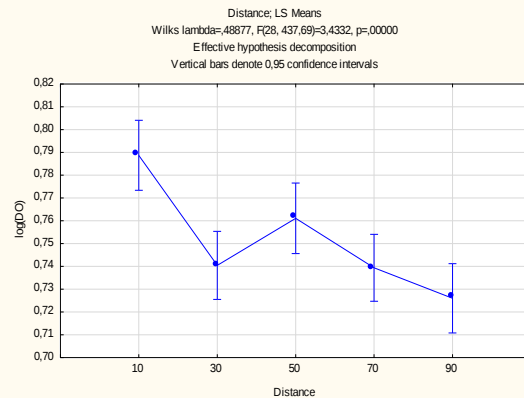


Η επίδραση του βάθους στη διαφοροποίηση των παραμέτρων



- Ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου
- Αύξηση των φωσφορικών
- Μείωση των αμμωνιακών

Η επίδραση των χειρισμών στη διαφοροποίηση των παραμέτρων



- Για το διαλυμένο υπάρχει μείωση των τιμών στους χειρισμούς σε σχέση με τον αναφοράς
- Χειρότερος σταθμός ως προς το D.O ήταν η αραίωση 90 cm και καλύτερος στα 50 cm
- Ο σταθμός στην αραίωση 50 cm έδειξε και την καλύτερη εικόνα ως προς την χλωροφύλλη
- Τα φωσφορικά παρουσιάζουν αυξημένες συγκεντρώσεις στην αραίωση 90 cm

Συμπεράσματα - προτεραιότητες για διερεύνηση

- Οι διαφορές που αναφέρθηκαν ήταν στατιστικά σημαντικές ως προς την απόσταση των χειρισμών για το διαλυμένο οξυγόνο, τα φωσφορικά άλατα, τα νιτρώδη και τη χλωροφύλλη
- Εποχιακά υψηλές τιμές νιτρωδών (εαρινούς μήνες) εμφανίσθηκαν στον σταθμό 90 cm κοντά στον πυθμένα
- Εφαρμογή διαφορετικών τροφικών δεικτών για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των χειρισμών
- Σύγκριση των τιμών με τον σταθμό αναφοράς για την αναγνώριση διακριτών διαφορών και ενδεχόμενων επιπτώσεων

Η μυδοκαλλιέργεια ως ρυθμιστής του τροφικού φορτίου

- Η μυδοκαλλιέργεια διαφέρει από την ιχθυοκαλλιέργεια στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε θρεπτικά άλατα
- Αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως παράγοντας ρύθμισης του ευτροφισμού και αποκατάστασης των επιπέδων των θρεπτικών αλάτων

Πρόταση για ελεγχόμενη διαχείριση - εφαρμογή "καλής πρακτικής" μυδοκαλλιέργειας

- Η αραίωση των 70 ή 50 cm είναι εκείνη που φαίνεται να έχει τις λιγότερες διαφορές με το σταθμό έξω από την καλλιέργεια
- Στόχος είναι η διαχειριστική πρακτική να διαταράσσει λιγότερο την οικολογική ισορροπία: μύδια-διήθηση νερού-απέκκριση-ανάπτυξη χλωροφύλλης-κατανάλωση και κυκλικά.

Ανακοίνωση σε διεθνές συνέδριο

A. Moriki, Y. Savvidis, Ch. Papadimitriou, I. Fantidou, V.O Stoilas, A. Antoniou, S. Galinou-Mitsoudi, 2015. Variation of physicochemical parameters in a longline mussel culture system, 18th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean region, 26-30/9/2015, Crete, Greece, Poster presentation.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!