

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
«ΔΗΜΗΤΡΑ» -
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΤΗΣ ΠΡΑΞΗΣ

«Παρακολούθηση και έλεγχος των Χωροκατακτητικών Ξενικών Ειδών στην Ελλάδα με καινοτόμες τεχνικές υπό τις παρούσες και μελλοντικές κλιματικές συνθήκες (INVASION)»



ΠΑΚΕΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Π.Ε.03: Συλλογή και ανάλυση ωκεανογραφικών δεδομένων

ΔΡΑΣΕΙΣ

Δ.03.1: Δειγματοληψίες νερού/Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων νερού

Δ.03.2: Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων

Νέα Πέραμος, Καβάλα, Ιούλιος 2023

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΟΥ

- Δρ. Καμίδης Νικόλαος (Περιβαλλοντολόγος – Ωκεανογράφος, Κύριος Ερευνητής)
- Δρ. Παπαθανασίου Βασίλης (Βιολόγος-Ωκεανογράφος, Εντεταλμένος Ερευνητής)
- Δρ. Χρυσούλα Γκουμπίλη (Μοριακή Βιολόγος – Χημικός, Εντεταλμένη Ερευνήτρια)

Απόδοση ως βιβλιογραφική αναφορά:

Καμίδης Νικόλαος, Βασίλης Παπαθανασίου, Χρυσούλα Γκουπίλη, 2023. Τεχνική έκθεση «Δειγματοληψίες νερού, προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων υδάτων», Νέα Πέραμος, Καβάλα, Ιούνιος 2023, 19 σελ.

Περίοδος αναφοράς δραστηριοτήτων και Δράσεις-Παραδοτέα έργου

Περίοδος δραστηριοτήτων	Μάιος 2020 – Φεβρουάριος 2022 (Μήνες 1-24)
Δράσεις 3.1, 3.2	Δειγματοληψίες νερού/Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων νερού, Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων
Παραδοτέο 3.1	Τεχνική έκθεση: «Προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων»

Πληροφορίες για την τεχνική έκθεση:

Νικόλαος Καμίδης

Κύριος Ερευνητής

E-mail: nikkami@inale.gr

Τηλ.: +30 25940 22691-2

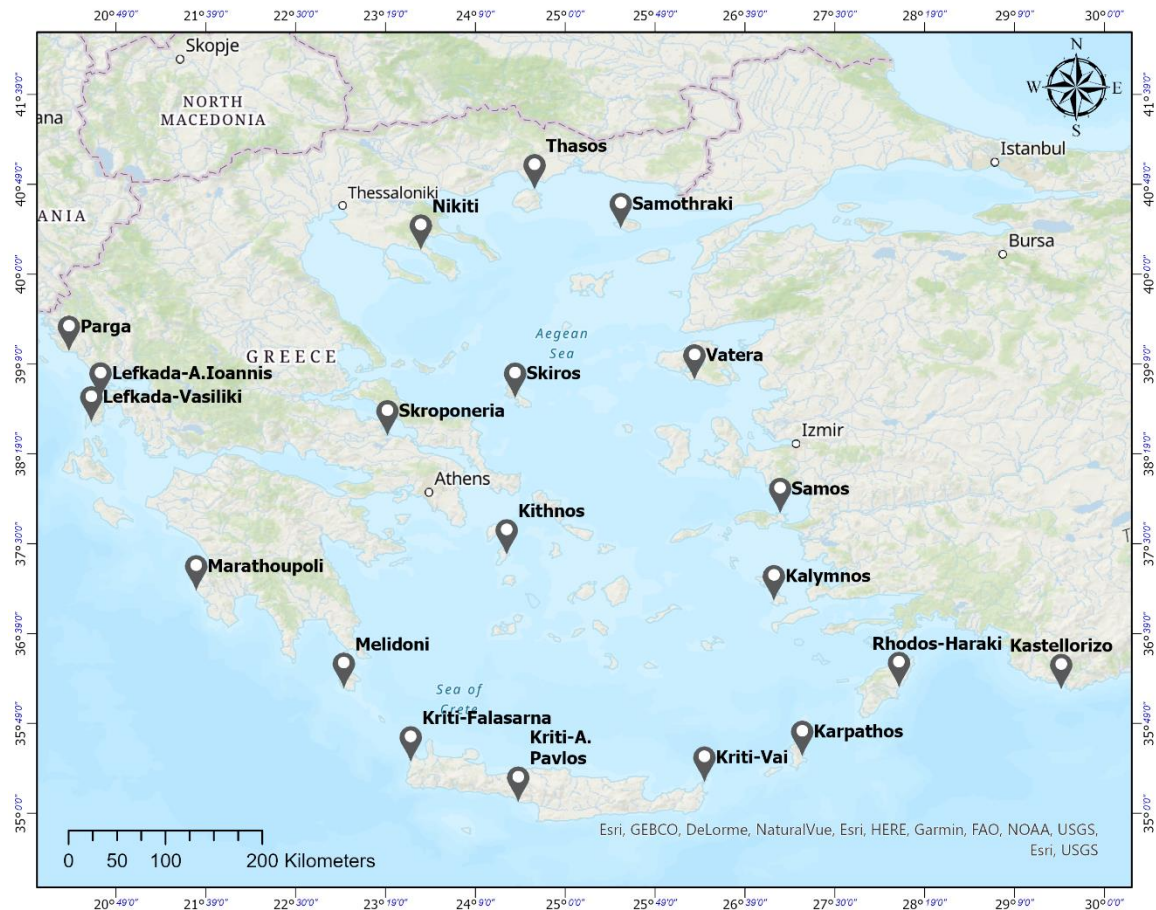
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παράκτιες περιοχές των ελληνικών θαλασσών υπόκεινται στην επίδραση διάφορων υδάτινων μαζών με διαφορετικά χαρακτηριστικά, ενώ ως προς την τροφική κατάσταση των πελαγικών περιοχών της Ελλάδας, το Βόρειο Αιγαίο, το εσωτερικό Ιόνιο, η Βόρεια Κρήτη και οι παράκτιοι κόλποι (Κορινθιακός, Ευβοϊκός, Σαρωνικός, Θερμαϊκός) χαρακτηρίζονται ως μεσότροφες ενώ το κεντρικό και νότιο Αιγαίο, το εξωτερικό Ιόνιο και το Λιβυκό ως ολιγότροφες περιοχές. Κάποια χαρακτηριστικά ευνοούν ή εμποδίζουν την εξάπλωση και εγκατάσταση των ξενικών ειδών. Σαν παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί το Β. Αιγαίο, όπου η εγκατάσταση των ξενικών ειδών είναι περιορισμένη εξαιτίας των ψυχρότερων υδάτων της Μαύρης Θάλασσας που καταλήγουν μέσω των Στενών των Δαρδανελίων και κινούνται επιφανειακά στο Θρακικό Πέλαγος. Αντίθετα, στην ολιγοτροφική Λεκάνη της Λεβαντίνης οι συνθήκες ευνοούν την εγκατάσταση των ξενικών χωροκατακτητικών ειδών εξαιτίας της υψηλότερης θερμοκρασίας των υδάτων της.

Σκοπός της παρούσας τεχνικής έκθεσης είναι η περιγραφή των μεθοδολογιών και των οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση των φυσικών παραμέτρων των υδάτων στο πεδίο (θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και θολερότητα) και τη συλλογή δειγμάτων νερού από τους προεπιλεγμένους σταθμούς, τα οποία προορίζονται για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων πέντε θρεπτικών αλάτων (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, φωσφορικά & πυριτικά άλατα), καθώς και τον προσδιορισμό και της συγκέντρωσης χλωροφύλλης-α. Επιπρόσθετα, περιγράφονται οι αναλυτικές μεθοδολογίες και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης-α στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Αλιευτικής Έρευνας. Τα αποτελέσματα όλων των παραπάνω μετρήσεων παρουσιάζονται υπό μορφή πινάκων και θεματικών χαρτών, ενώ πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις των μετρήσεων με τις προβλέψεις της βάσης δεδομένων του Copernicus (<https://marine.copernicus.eu/>) όπου αυτές ήταν εφικτές (εξαρτώμενες από το βάθος που λήφθηκε το δείγμα, την ημερομηνία δειγματοληψίας, την διαθεσιμότητα των παραμέτρων από την βάση του Copernicus).

2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες των μετρήσεων φυσικοχημικών παραμέτρων και της λήψης δειγμάτων νερού πραγματοποιήθηκαν σε δύο διακριτές περιόδους. Η 1^η συντελέστηκε την περίοδο Φεβρουάριος 2021 – Ιούνιος 2021 και η 2^η κατά την περίοδο Σεπτέμβριος 2021 – Μάρτιος 2022. Συνολικά, μετρήσεις και πεδίο και συλλογή δειγμάτων νερού πραγματοποιήθηκαν σε 20 σταθμούς, εκ των οποίων πέντε βρίσκονται στο Βόρειο Αιγαίο (Β. Αιγαίο), ένα στο Κεντρικό Αιγαίο (Κ. Αιγαίο), εννιά στο Νότιο Αιγαίο ή στη Λεβαντίνη (Ν. Αιγαίο/Λεβαντίνη) και πέντε στο Ιόνιο (Πίνακας 1, Εικόνα 1). Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 1 οι αποστάσεις που έπρεπε να διανυθούν ήταν μεγάλες για αυτό και οι εκάστοτε περίοδοι ήταν χρονικά εκτεταμένες.



Εικόνα 1: Χάρτης σταθμών δειγματοληψίας.

Πίνακας 1: Τοποθεσία και γεωγραφικές συντεταγμένες των 20 σταθμών δειγματοληψίας (σε δεκαδικές μοίρες).

Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Θαλάσσια περιοχή	Περιοχή δειγματοληψίας
40.393	25.573	Β. Αιγαίο	Σαμοθράκη
40.786	24.715	Β. Αιγαίο	Θάσος
40.251	23.726	Β. Αιγαίο	Νικίτη-Χαλκιδική
39.013	26.181	Β. Αιγαίο	Λέσβος
38.845	24.528	Β. Αιγαίο	Σκύρος
38.509	23.354	Κ. Αιγαίο	Σκοπονέρια
37.391	24.459	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Κύθνος
37.781	26.982	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Σάμος
36.970	26.932	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Κάλυμνος
36.164	28.095	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Ρόδος
36.147	29.604	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Καστελλόριζο
35.480	23.561	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Χανιά-Κρήτη
35.101	24.563	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Ρέθυμνο-Κρήτη
35.291	26.294	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Λασιθι-Κρήτη
35.528	27.205	Ν. Αιγαίο/ Λεβαντίνη	Κάρπαθος
39.283	20.392	Ιόνιο	Πάργα
38.854	20.687	Ιόνιο	Λευκάδα-Βασιλική

38.628	20.597	Ιόνιο	Λευκάδα-Αγ. Ιωάννης
37.044	21.559	Ιόνιο	Μαραθόπολη
36.159	22.949	Ιόνιο	Κύθηρα

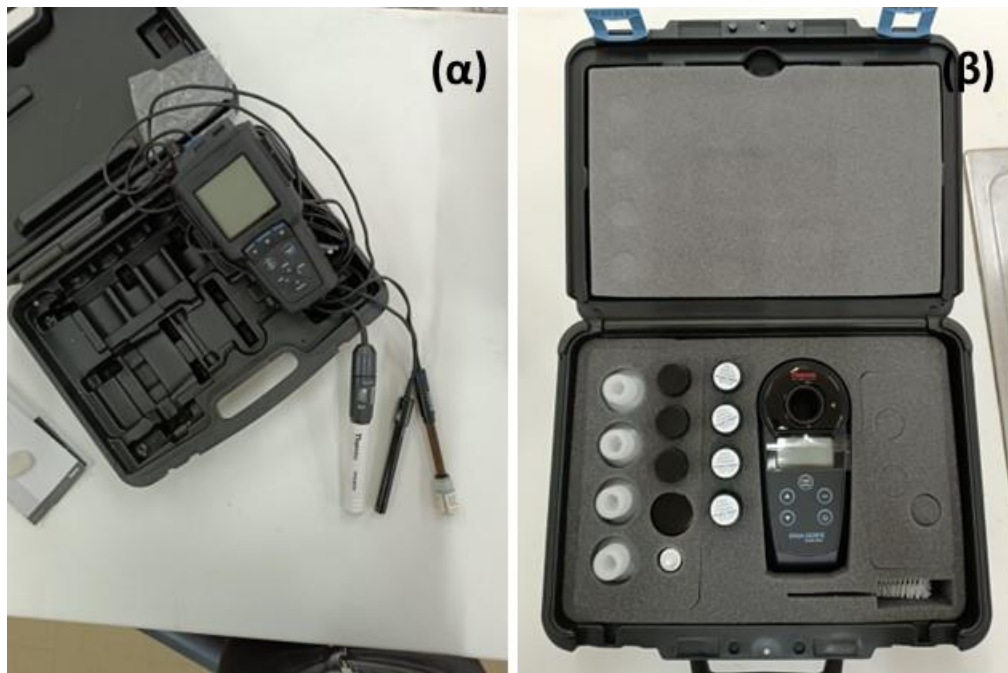
2.1. Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων στο πεδίο

Οι μετρήσεις των φυσικών παραμέτρων στα ύδατα των παραπάνω σταθμών επιτεύχθηκαν χρησιμοποιώντας το φουσκωτό «ΦΟΥΣΚΑ» του Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας. Όλες οι μετρήσεις διενεργήθηκαν σε βάθος 10 m, όπου αυτό ήταν εφικτό. Στους σταθμούς μικρού βάθους, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πιο ρηχά στην υδάτινη στήλη (5-7 m). Η θερμοκρασία και η αλατότητα μετρήθηκε με τη χρήση ενός Valeport MiniCTD (Εικόνα 2), το οποίο είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες πίεσης, θερμοκρασίας και αγωγιμότητας.



Εικόνα 2: Το Valeport MiniCTD που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και αλατότητας.

Το διαλυμένο οξυγόνο (επίπεδα κορεσμού%) μετρήθηκε σε κάθε σταθμό χρησιμοποιώντας οξυγονόμετρο Thermo Scientific Oxygen meter εφοδιασμένο με αισθητήρα probe-Orion 087003, ενώ η θολερότητα (NTU) μετρήθηκε με τη χρήση θολερόμετρου Thermo-Orion AQ 3010 Turbidity meter. Ο εξοπλισμός αυτός απεικονίζεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3: Όργανα μέτρησης: (α) οξυγόνου Thermo Scientific Oxygen meter και (β) θολεροτήτας Thermo-Orion AQ 3010 Turbidity meter.

2.2. Δειγματοληψία υδάτων & προσδιορισμός θρεπτικών αλάτων και χλωροφύλλης-α

Τα δείγματα νερού συλλέχθηκαν με την χρήση δειγματοληπτικής φιάλης τύπου NISKIN χωρητικότητας 2 ή 5 λίτρων (KC Denmark). Η φιάλη ποντίζονταν ανοιχτή στο επιθυμητό βάθος με την βοήθεια βαθμονομημένου σκοινιού. Στη συνέχεια απελευθερωνόταν δρομέας ο οποίος πυροδοτούσε την σκανδάλη και έτσι η φιάλη σφράγιζε συλλέγοντας νερό από το επιθυμητό βάθος. Με αυτόν τον τρόπο συλλέχθηκαν δείγματα νερού για 2 διαφορετικούς τύπους ανάλυσης. Τα δείγματα νερού που προορίζονταν για την ανάλυση θρεπτικών αλάτων αποθηκεύονταν σε φιάλες πολυαιθυλενίου χωρητικότητας 500 mL, ενώ τα δείγματα για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης-α αποθηκεύονταν σε αντίστοιχες φιάλες των 1000 mL. Οι φιάλες αυτές είχαν προ-πλυθεί με αραιό HCl (5%) και στη συνέχεια με άφθονο δις-απεσταγμένο νερό πριν την χρήση τους στο πεδίο για την αποφυγή επιμολύνσεων. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνονταν σε κάθε δειγματοληψία.

Την ίδια ημέρα της δειγματοληψίας τα δείγματα νερού που προορίζονται για την ανάλυση θρεπτικών αλάτων (500 mL), φιλτραρίστηκαν αμέσως μέσω προ-ξηραμένων ηθμών 0,45 μm της Millipore υπό πίεση, για τον διαχωρισμό της υγρής από την στερεή φάση (ARHA 1998). Κατόπιν, το διηθημένο νερό απαλλαγμένο από όλα τα αιωρούμενα συστατικά του διαχωρίστηκε σε 5 διαφορετικά μπουκάλια πολυαιθυλενίου των 100 mL (προ-πλυμένα με 5% HCl και δις-αποσταγμένο νερό), από τα οποία το καθένα προοριζόταν για την ανάλυση ενός θρεπτικού άλατος. Τα θρεπτικά άλατα των οποίων οι συγκεντρώσεις προσδιορίστηκαν στα δείγματα του νερού είναι

το άζωτο των νιτρικών ($N-NO_3$), των νιτρωδών ($N-NO_2$), των αμμωνιακών ($N-NH_4$), τα όρθοφωσφορικά άλατα ($P-PO_4$) και πυριτικά άλατα ($Si-SiO_2$).



Εικόνα 4: Δειγματοληπτικές φιάλες NISKIN, χωρητικότητας 2 και 5 l.

Ο προσδιορισμός όλων των θρεπτικών αλάτων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας μοριακής απορρόφησης στο εργαστήριο του Ινστιτούτου Αλιευτικής Έρευνας. Η μέθοδος βασίζεται στο χρωματισμό των δειγμάτων με κατάλληλα αντιδραστήρια και τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των αλάτων μέσω της απορρόφησης ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος, χρησιμοποιώντας ευθείες αναφοράς. Για τις μετρήσεις σε όλα τα θρεπτικά άλατα χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο μοντέλου U-2001/UV VISIBLE της HITACHI. Ο προσδιορισμός του αζώτου των νιτρικών ($N-NO_3$) πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Parsons et al. (1984). Η μέθοδος βασίζεται στην αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη. Η αναγωγή γίνεται με τη χρήση κόκκων καδμίου μετά από την επεξεργασία του με θειικό χαλκό ($CuSO_4$), μέσα σε γυάλινη στήλη. Ο προσδιορισμός του αζώτου των νιτρωδών ($N-NO_2$), των ορθοφωσφορικών ($P-PO_4$), του αζώτου των αμμωνιακών ($N-NH_4$) και του πυριτίου των πυριτικών ($Si-SiO_2$) πραγματοποιήθηκε επίσης με τις μεθόδους όπως περιγράφονται από τους Parsons et al. (1984).

Η ανάλυση της χλωροφύλλης-α στηρίχθηκε στην τριχρωματική φωτομετρική μέθοδο (APHA 1988). Οι αναλύσεις έγιναν και πάλι με χρήση του φασματοφωτομέτρου μοντέλου U-2001/UV VISIBLE της HITACHI. Για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης-α διηθούνταν 1000 mL δείγματος με τη χρήση φίλτρων κυτταρίνης διαμέτρου 47 mm και μέγεθος πόρων 8 mm. Το φίλτρο μετά τη διήθηση λειοτριβόταν και τοποθετούνταν σε δοκιμαστικό σωλήνα 15 mL μαζί με διάλυμα 90% ακετόνης και 10% διαλύματος ανθρακικού μαγνησίου (1 g $MgCO_3$ σε 100mL αποσταγμένου νερού). Τα δείγματα φυγοκεντρούνταν στις 2700 στροφές για 30 λεπτά. Κατόπιν το επιπλέον

υγρά μετρούνταν φωτομετρικά και διαδοχικά στα μήκη κύματος των 630, 647, 664 και 750 nm. Η μέτρηση στα 750 nm αποτελεί διόρθωση για τη θολερότητα του νερού και αφαιρείται από όλες τις υπόλοιπες. Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης προκύπτει από την εξίσωση:

$$Chl - a(\mu g / L) = 11.85(LB_{664}) - 1.54(LB_{647}) - 0.08(LB_{630})$$

όπου LB η απορρόφηση στο συγκεκριμένο μήκος κύματος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Φυσικές παράμετροι νερού

Οι φυσικές παράμετροι των υδάτων για τις δύο δειγματοληπτικές περιόδους και για όλους τους σταθμούς παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Κατά την 1^η δειγματοληπτική περίοδο, η θερμοκρασία των υδάτων κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα (έως 16,6 °C) στους σταθμούς όπου η εξόρμηση πραγματοποιήθηκε από τον Φεβρουάριο έως τον Απρίλιο του 2021 (Θάσος-Κάλυμνος). Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν στους σταθμούς της Κρήτης και στη Κάρπαθο, καθότι η δειγματοληψία στις περιοχές αυτές διεξάχθηκε τον Ιούνιο του 2021. Κατά τη 2^η δειγματοληπτική περίοδο υπήρξε αντιστροφή των τιμών της θερμοκρασίας. Η υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν στους σταθμούς Θάσο-Σαρακηνικό (24,06-26,15 °C) και οι χαμηλότερες στους σταθμούς της Κρήτης και στη Κύθνο (16,3-16,7 °C).

Σε ότι αφορά την αλατότητα, οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στη Θάσο και Σαμοθράκη, και για στις δύο δειγματοληπτικές περιόδους (1^η: 35,3-36,3 psu, 2^η: 36-36,5 psu), εξαιτίας της επίδρασης των χαμηλότερης αλατότητας Υδάτων της Μαύρης Θάλασσας (BSW), αλλά και των υδάτων του Π. Νέστου στη περίπτωση της Θάσου Ενδιάμεση αλατότητα βρέθηκε στη Νικήτη (37,3-37,4 psu), αλλά και στους σταθμούς του Ιονίου Πελάγους (Πάργα, Βασιλική, Αγ. Ιωάννης, ~38,6 psu) λόγω της παρουσίας των Μεταβατικών Υδάτων του Ατλαντικού (MAW). Υψηλότερη αλατότητα (> 39 psu) βρέθηκε στους σταθμούς που δέχονται επιρροή της Λεβαντίνης (Βλ. Πίνακα 2: Λέσβος, Σάμος, Καστελόριζο, Κύθηρα, Κρήτη, Κάρπαθος Σκύρος).

Πίνακας 2: Μετρήσεις φυσικών παραμέτρων στα ύδατα όλων των σταθμών και για τις δύο δειγματοληπτικές περιόδους.

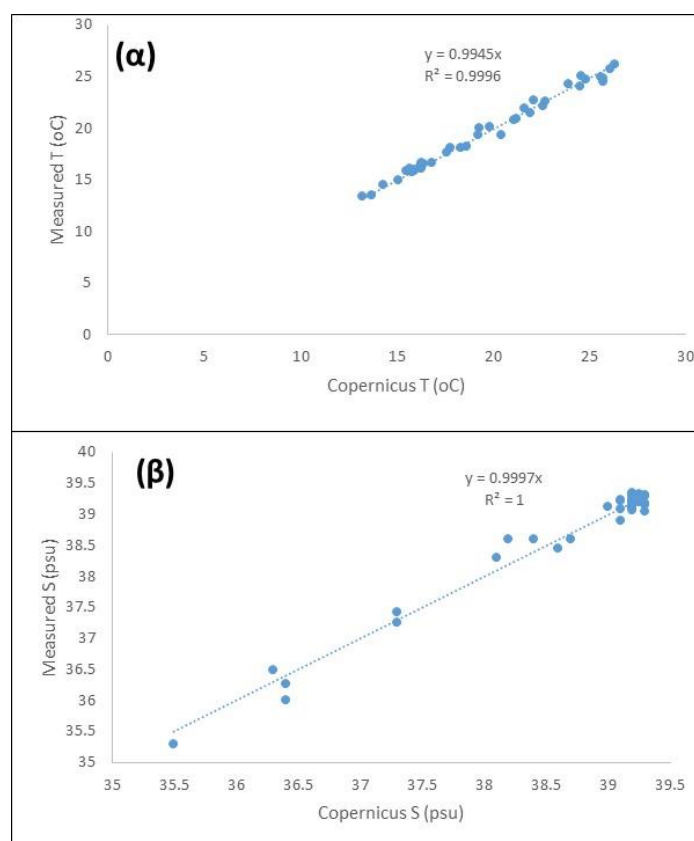
1η Περίοδος	Θερμοκρασία (°C)	Αλατότητα (psu)	Διαλυμένο οξυγόνο (%)	Θολερότητα (NTU)
Θάσος	13.5	35.3	101.3	0.1
Σαμοθράκη	14.5	36.27	103	0.2
Σκροπονέρια	13.4	38.45	96.2	0.1
Κύθηρα	15.8	39.23	99.5	0.7
Μαραθόπολη	16	39.31	95.5	1.3

Βασιλική	15.8	38.6	95.6	0.1
Πάργα	15	38.6	98.0	0.6
Νικήτη	15.8	37.43	92.4	1.2
Αγ. Ιωάννης	15.9	38.6	92.8	0.3
Σάμος	16.1	39.15	98.5	0.2
Κάλυμνος	16.6	39.23	98.3	0.1
Ρόδος	18.1	39.15	96.5	0.2
Καστελόριζο	17.59	39.06	98.3	0.1
Σκύρος	19.98	39.21	93.6	0.1
Κύθνος	20.8	39.16	92.2	0.1
Κάρπαθος	21.45	39.19	92.6	0.1
Φαλάσαρνα	19.29	39.18	92.7	0.1
Λασιθί	21.86	39.14	93.4	0.1
Ρέθυμνο	22.56	39.15	91.7	0.1
Λέσβος	16.05	39.05	96.3	0.3
2η Περίοδος	Θερμοκρασία (°C)	Αλατότητα (psu)	Διαλυμένο οξυγόνο (%)	Θολρότητα (NTU)
Θάσος	26.15	36.00	87.12	0.7
Σαμοθράκη	24.52	36.49	87.56	0.3
Σκροπονέρια	24.90	38.30	88.69	0.2
Κύθηρα	24.87	39.10	91.36	0.4
Μαραθόπολη	25.67	39.32	90.57	0.9
Βασιλική	25.01	39.30	87.34	0.9
Πάργα	24.23	39.25	88.12	0.8
Νικήτη	24.06	37.26	85.38	1.2
Αγ. Ιωάννης	24.68	39.29	87.54	0.6
Σάμος	20.10	39.17	90.31	0.4
Κάλυμνος	20.86	39.32	92.25	0.5
Ρόδος	22.18	39.33	88.63	0.6
Καστελόριζο	22.65	39.35	91.47	0.1
Σκύρος	15.76	38.90	94.39	0.2
Κύθνος	16.55	39.22	93.46	0.2
Κάρπαθος	18.17	39.19	95.78	0.1
Φαλάσαρνα	16.31	39.12	95.56	0.2
Λασιθί	18.11	39.12	95.67	0.1
Ρέθυμνο	16.69	39.21	94.39	0.1
Λέσβος	19.30	39.09	86.99	1.0

Το διαλυμένο οξυγόνο κυμάνθηκε σε πολύ καλά επίπεδα και στις δύο δειγματοληπτικές περιόδους, καθώς οι μέσες τιμές υπολογίστηκαν σε 95,9% και σε 90,63% για την 1^η και 2^η δειγματοληπτική περίοδο, αντίστοιχα. Τα υψηλότερα ποσοστά κορεσμό βρέθηκαν στη Θάσο, Σαμοθράκη και Κύθηρα για την 1^η περίοδο

(99,5-101,3%) και στη Σκύρο, Κύθνο, Κάρπαθο και Κρήτη για την 2^η περίοδο (93,5-95,7%). Τέλος, πολύ καλές τιμές έλαβαν οι μετρήσεις της θολρότητας σε όλους σχεδόν τους σταθμούς. Για την 1^η περίοδο η μέση τιμή μετρήθηκε σε 0,2 NTU ενώ για τη 2^η σε 0,47 NTU. Υψηλότερες θολρότητες κατά την 1^η περίοδο βρέθηκαν στους σταθμούς Μαραθόπολη, Κύθηρα και Πάργα (0,6-1,3 NTU), ενώ τη 2^η περίοδο στους σταθμούς Νικήτη, Λέσβος, Μαραθόπολη, Λευκάδα και Πάργα (0,7-1,2 NTU, Πίνακας 2).

Η σύγκριση των μετρήσεων της θερμοκρασίας και της αλατότητας με τις τιμές που ανακτήθηκαν από τη βάση δεδομένων του Copernicus έδειξαν εξαιρετική συσχέτιση. Ο συντελεστής συσχέτισης R για τη θερμοκρασία και την αλατότητα κυμάνθηκε από 0,999 έως 1,0 υποδηλώνοντας πλήρη ταύτιση των τιμών (Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Συσχέτιση των μετρήσεων της θερμοκρασίας και της αλατότητας με τις τιμές από τη βάση δεδομένων του Copernicus.

3.2. Θρεπτικά άλατα & χλωροφύλλη-α

Οι κατανομές των θρεπτικών αλάτων για τις δύο δειγματοληπτικές περιόδους απεικονίζονται στις Εικόνες 6 – 11. Η 2^η περίοδος χαρακτηρίζεται από υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων (N-NO₃: 1,31 μM) σε σύγκριση με την 1^η περίοδο (0,75 μM). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά την 1^η περίοδο (Εικόνα 6) μετρήθηκαν στην Πάργα (1,5 μM), στη Σαμοθράκη (1,4 μM), στα Σκροπονέρια (1,2 μM) και στη

Θάσο (1,1 μM), ενώ τη 2^η περίοδο (Εικόνα 6) στη Θάσο (4,8 μM), στη Σαμοθράκη (3,5 μM) και στη Νικήτη (2 μM). Σε γενικές γραμμές στο Νότιο και Κεντρικό. Αιγαίο οι συγκεντρώσεις των νιτρικών αλάτων βρέθηκαν χαμηλότερες εξαιτίας του ολιγοτροφικού χαρακτήρα των Υδάτων της Λεβαντίνη, ενώ παράλληλα τα ύδατα της Μαύρης Θάλασσας (BSW) και των Μεταβατικών Υδάτων του Ατλαντικού (MAW) θεωρούνται περισσότερο πλούσια σε θρεπτικά.

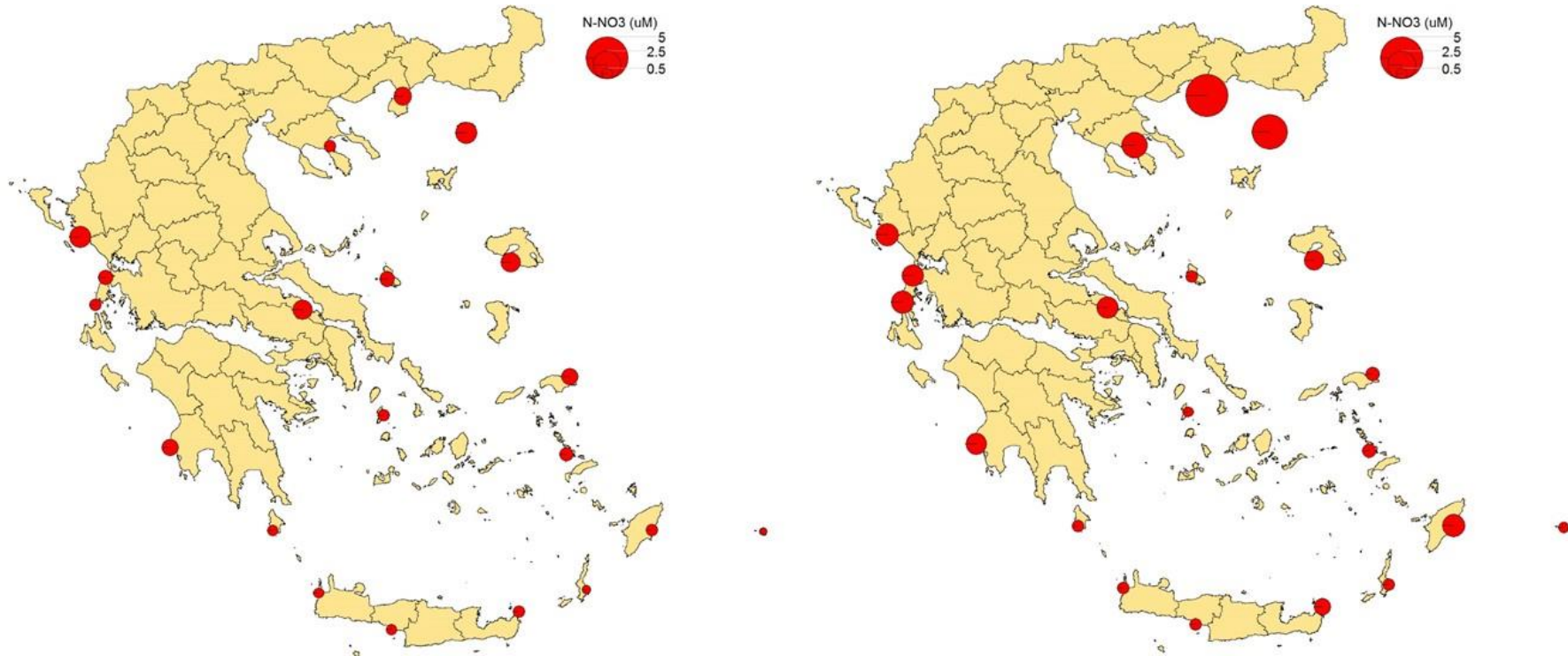
Σε ότι αφορά τα νιτρώδη άλατα (N-NO₂) καμία διαφορά δεν βρέθηκε μεταξύ των δύο δειγματοληπτικών περιόδων (1^η περίοδος: 0,096 μM , 2^η περίοδος: 0,089 μM , $p=0.892$). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στη 1^η περίοδο (Εικόνα 7) μετρήθηκαν στη Σάμο (0,31 μM), στη Ρόδο (0,17 μM) και στη Κάλυμνο (0,15 μM), ενώ για τη 2^η περίοδο (Εικόνα 7) στα Σκροπονέρια (0,25 μM), στη Σκύρο (0,21 μM) και στη Κύθνο (0,18 μM). Όλες οι παραπάνω συγκεντρώσεις θεωρούνται χαμηλές.

Οι μέσες συγκεντρώσεις των φωσφορικών αλάτων (P-PO₄) δεν παρουσίασαν στατιστικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών (1^η περίοδος: 0,23 μM , 2^η περίοδος: 0,30 μM , $p=0,371$), ωστόσο υπήρξε μετατόπιση των μέγιστων από το Νότιο Αιγαίο στο Βόρειο. Έτσι, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν την 1^η περίοδο στην Κρήτη (0,41-0,6 μM) και στη Κάλυμνο (0,45 μM , Εικόνα 8) ενώ την 2^η περίοδο στη Νικήτη (0,66 μM), στα Σκροπονέρια και στη Σαμοθράκη (0,51 μM) και στη Θάσο (0,48 μM , Εικόνα 8).

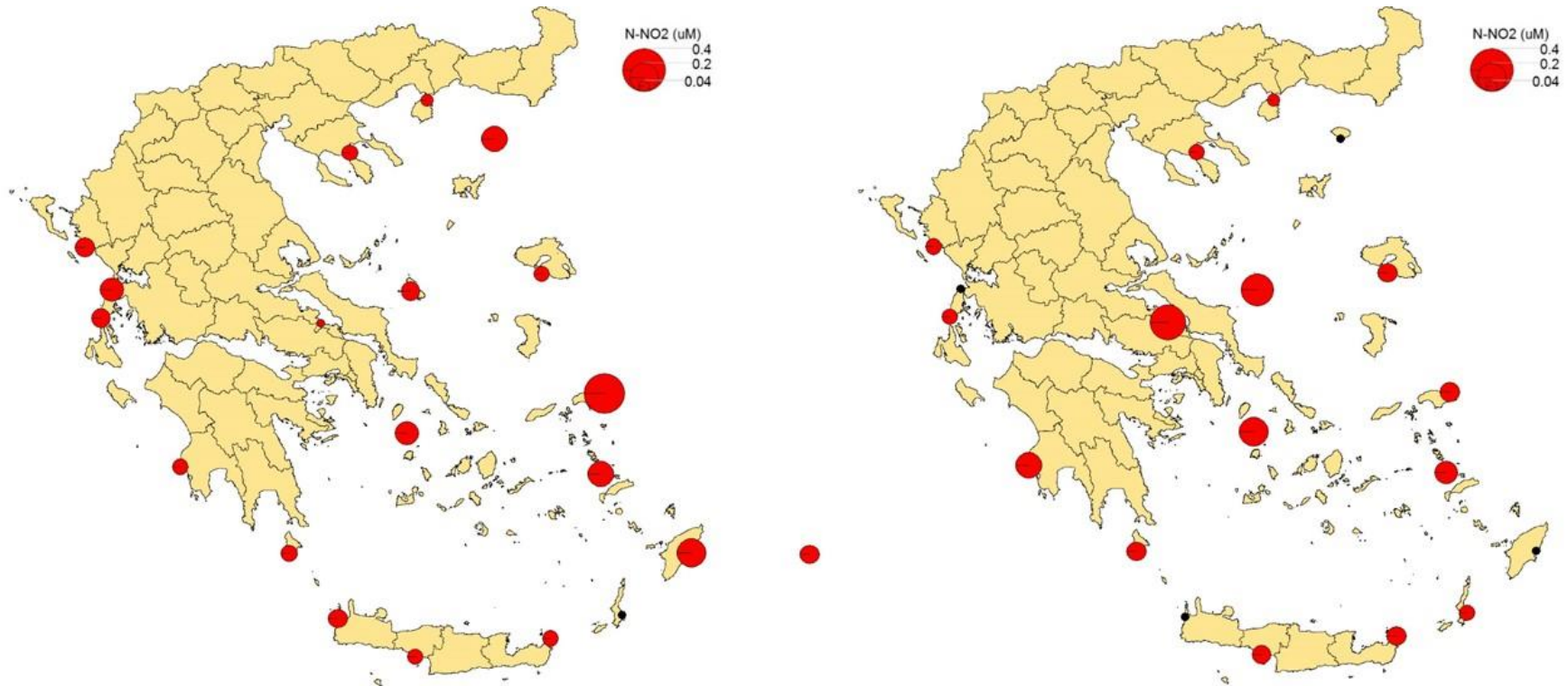
Για τα αμμωνιακά άλατα (N-NH₄) οι μέγιστες συγκεντρώσεις για την 1^η περίοδο (Εικόνα 9) βρέθηκαν στη Βασιλική (Λευκάδα: 3,13 μM), στα Σκροπονέρια (2,47 μM), στη Σαμοθράκη (1,49 μM) και στη Θάσο (1,38 μM). Η 2^η περίοδος σημείωσε υψηλότερη μέση τιμή (1^η περίοδος: 0,89 μM , 2^η περίοδος: 1,16 μM), ωστόσο η διαφορά τους δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p= 0,432$). Οι υψηλότερες τιμές την 2^η περίοδο (Εικόνα 9) μετρήθηκαν στη Θάσο (3,88 μM), στη Λέσβο (2,59 μM), στη Σάμο (2,46 μM) και στη Πάργα (2,37 μM).

Σε ότι αφορά τα πυριτικά άλατα (SiO₂), η συγκέντρωση που ξεχωρίζει μετρήθηκε την 1^η δειγματοληπτική περίοδο στη Θάσο (14,22 μM , Εικόνα 10). Άλλες υψηλές τιμές βρέθηκαν στη Σαμοθράκη και στα Σκροπονέρια (5,60 μM). Στη 2^η περίοδο (Εικόνα 10) τα μέγιστα παρατηρήθηκαν για ακόμα μια φορά στη Θάσο (3,88 μM), στη Λέσβο (2,60 μM), στη Σάμο 2,50 μM) και στην Πάργα (2,37 μM). Όλες οι συγκεντρώσεις θεωρούνται φυσιολογικές, με εξαίρεση αυτή της Θάσου την 1^η περίοδο η οποία υποδηλώνει την παρουσία γλυκών υδάτων πιθανότατα από τον Π. Νέστο. Επιπλέον, οι δύο δειγματοληπτικές περιόδους διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους ($p < 0,05$).

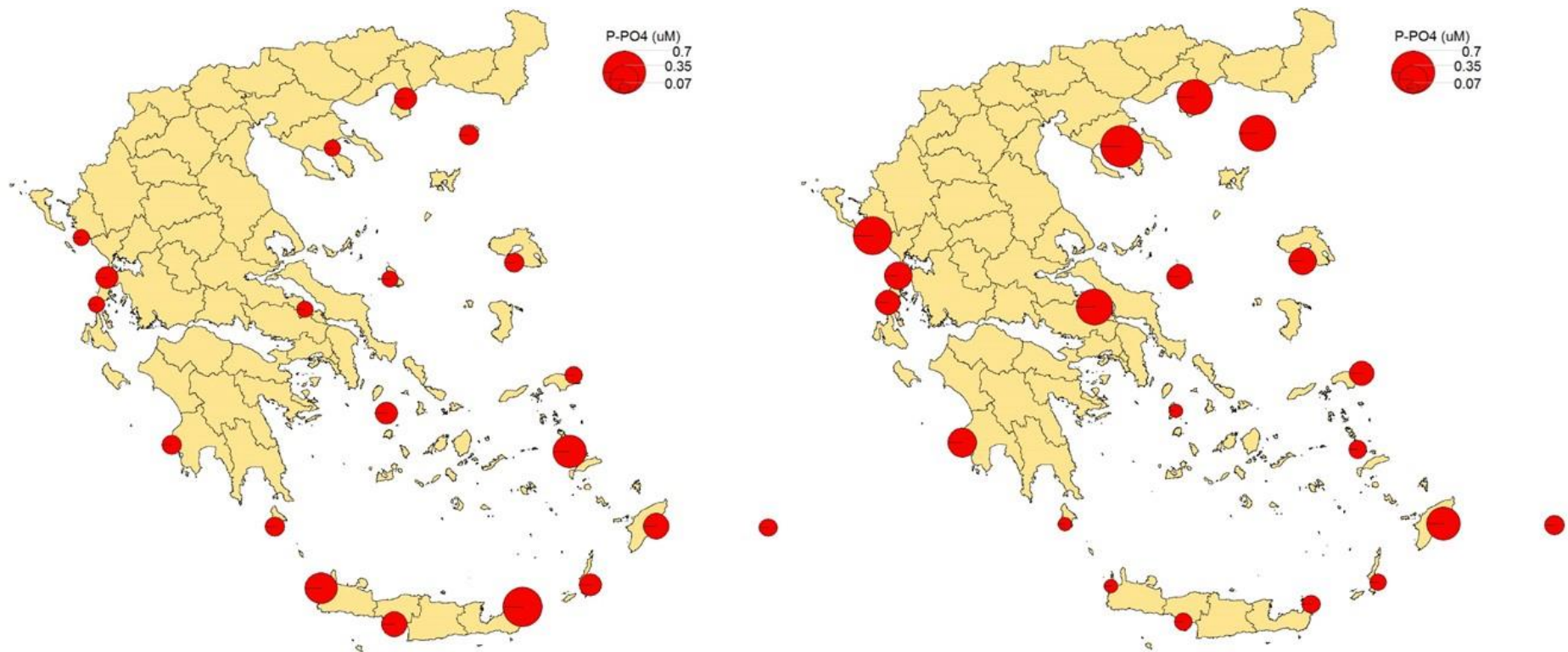
Τέλος, οι μέσες τιμές της χλωροφύλλης-α διαφέρουν στατιστικά μεταξύ των δειγματοληψιών (1^η περίοδος: 0,33 $\mu\text{g/L}$, 2^η περίοδος: 0,21 $\mu\text{g/L}$, $p < 0.05$). Η υψηλότερη συγκέντρωση την 1^η περίοδο βρέθηκε στη Θάσο (1,03 $\mu\text{g/L}$, Εικόνα 11), ενώ στη 2^η περίοδο στη Νικήτη (0,84 $\mu\text{g/L}$). Όλες οι τιμές θεωρούνται χαμηλές.



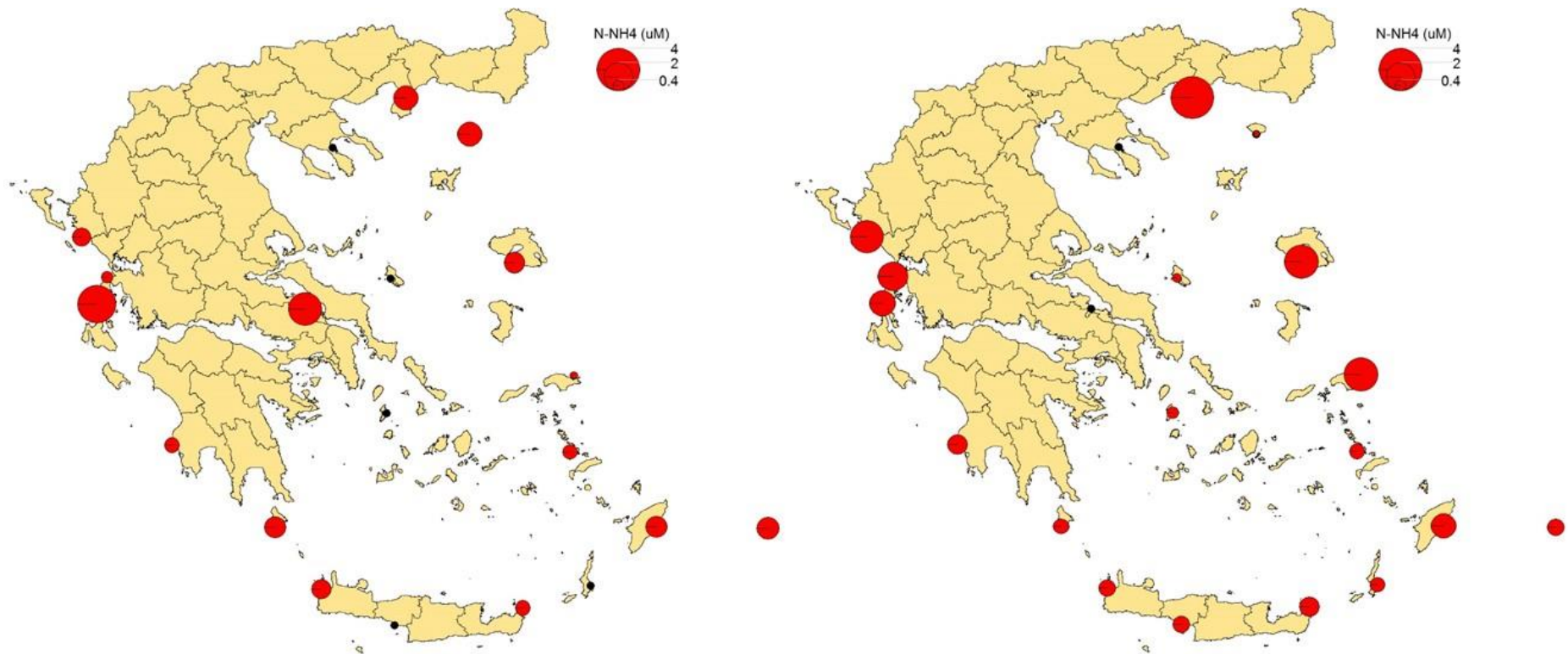
Εικόνα 6: Κατανομή των συγκεντρώσεων των νιτρικών αλάτων (N-NO₃) κατά την 1^η (αριστερά) και 2^η (δεξιά) δειγματοληπτική περίοδο.



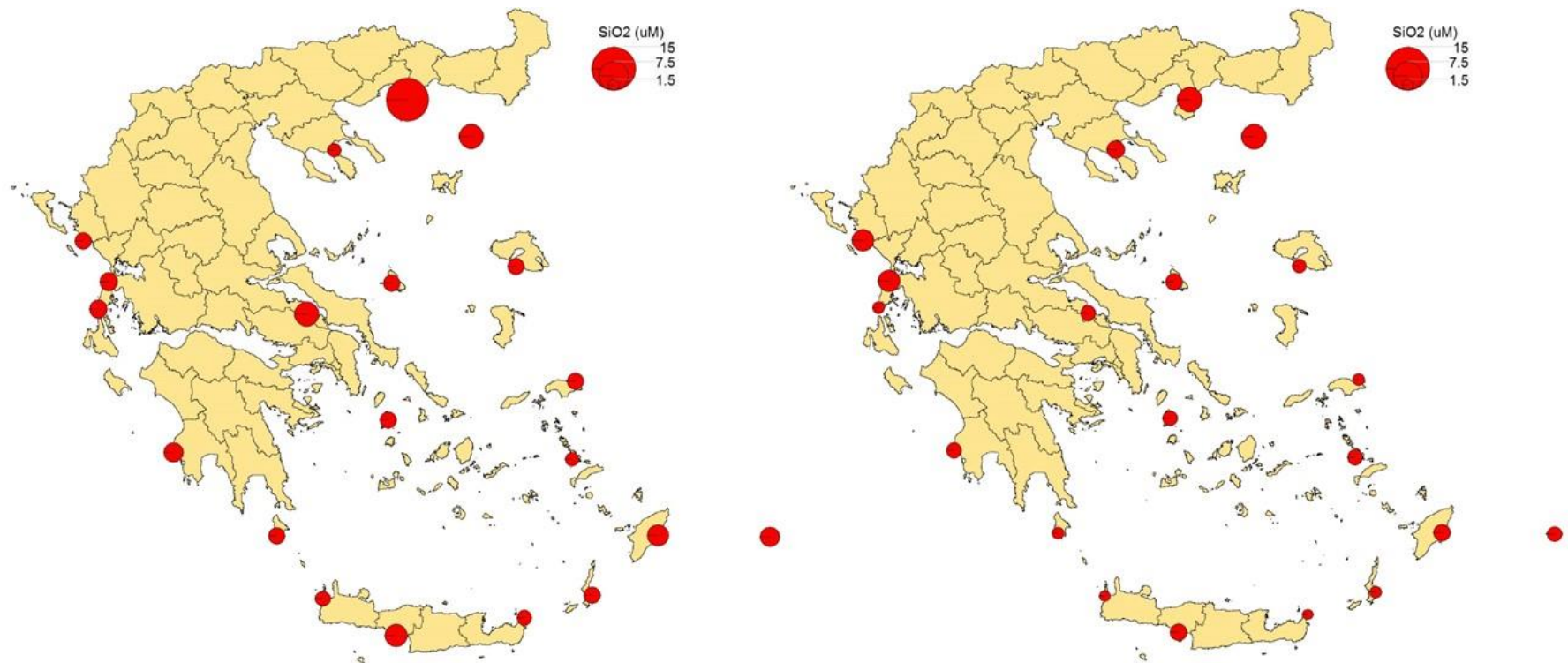
Εικόνα 7: Κατανομή των συγκεντρώσεων των νιτροδών αλάτων ($N-NO_3$) κατά την 1^η (αριστερά) και 2^η (δεξιά) δειγματοληπτική περίοδο. Η μαύρη κουκκίδα ισοδυναμεί με μηδενικές τιμές.



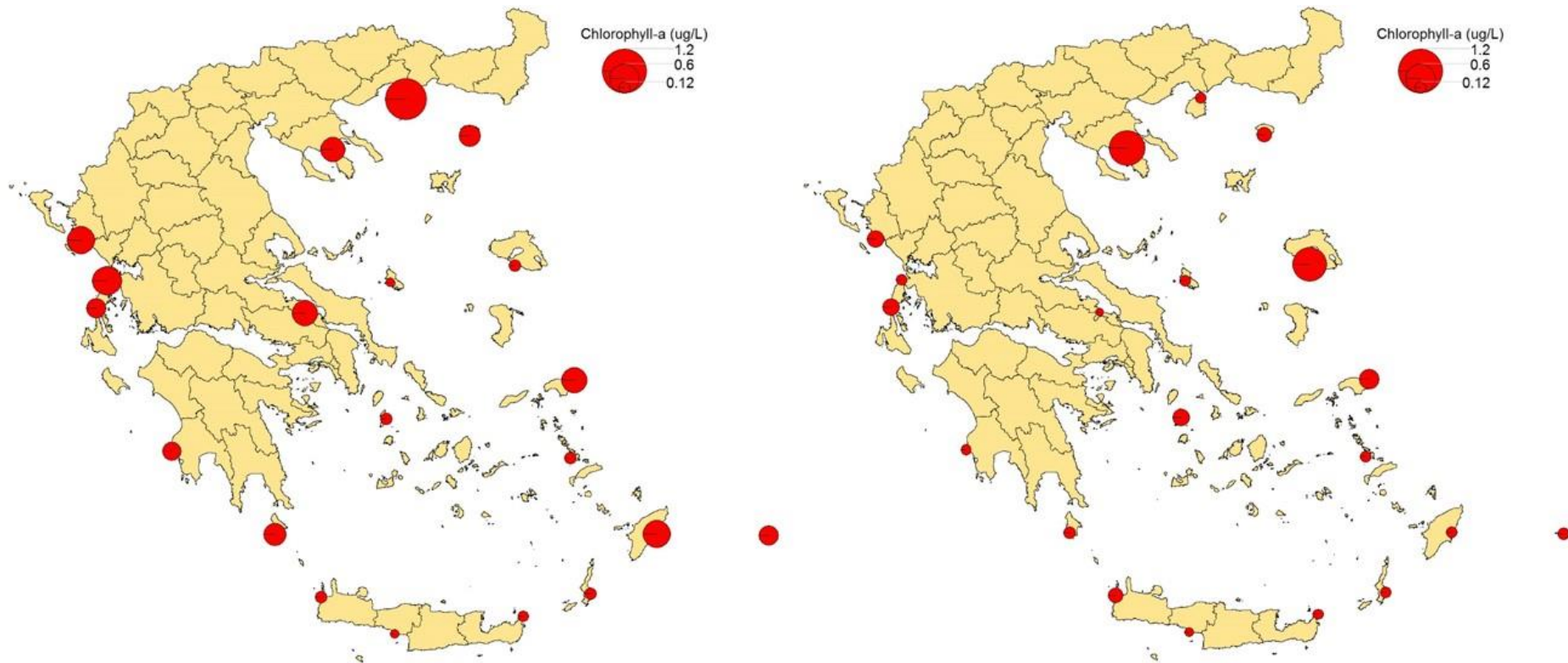
Εικόνα 8: Κατανομή των συγκεντρώσεων των φωσφορικών αλάτων (P-PO₄) κατά την 1^η (αριστερά) και 2^η (δεξιά) δειγματοληπτική περίοδο.



Εικόνα 9: Κατανομή των συγκεντρώσεων των αμμωνιακών αλάτων (N-NH₄) κατά την 1^η (αριστερά) και 2^η (δεξιά) δειγματοληπτική περίοδο. Η μαύρη κουκκίδα ισοδυναμεί με μηδενικές τιμές.



Εικόνα 10: Κατανομή των συγκεντρώσεων των πυριτικών αλάτων (SiO_2) κατά την 1^η (αριστερά) και 2^η (δεξιά) δειγματοληπτική περίοδο.



Εικόνα 11: Κατανομή των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης-α (chl-a) κατά την 1^η (αριστερά) και 2^η (δεξιά) δειγματοληπτική περίοδο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εξέταση των φυσικοχημικών παραμέτρων στους προκαθορισμένους σταθμούς διενεργήθηκε πραγματοποιώντας δύο δειγματοληπτικές περιόδους. Η εκάστοτε περίοδοι είχαν εκτεταμένη χρονική διάρκεια εξαιτίας της μεγάλης διασποράς των σταθμών, οι οποίοι καλύπτουν ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο. Ως εκ τούτου είναι δύσκολο να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σε ότι αφορά την κατανομή των εξεταζόμενων παραμέτρων. Εκ πρώτης φαίνεται ότι οι σταθμοί του Β. Αιγαίου (Θάσος, Σαμοθράκη, Νικήτη, υπερέχουν στις συγκεντρώσεις ορισμένων θρεπτικών όπως τα νιτρικά, πυριτικά αμμωνιακά αλλά και χλωροφύλλη-α, εξαιτίας της επίδρασης των πλουσιότερων σε θρεπτικά υδάτων της Μαύρης Θάλασσας. Ωστόσο και οι σταθμοί του Ιονίου Πελάγους έδειξαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σύγκριση με το νότιο Αιγαίο. Σημαντικό ρόλο έχει και τα τοπικά χαρακτηριστικά των σταθμών. Για παράδειγμα τουριστικές περιοχές όπως τα Βατερά στη Λέσβο και τα Χαράκι στη Ρόδο ξεχώρισαν σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις αμμωνιακών και φωσφορικών αλάτων, ενώ το ίδιο ισχύει για την Λευκάδα και για Πάργα.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.

Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M., 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Oxford, Pergamon Press.