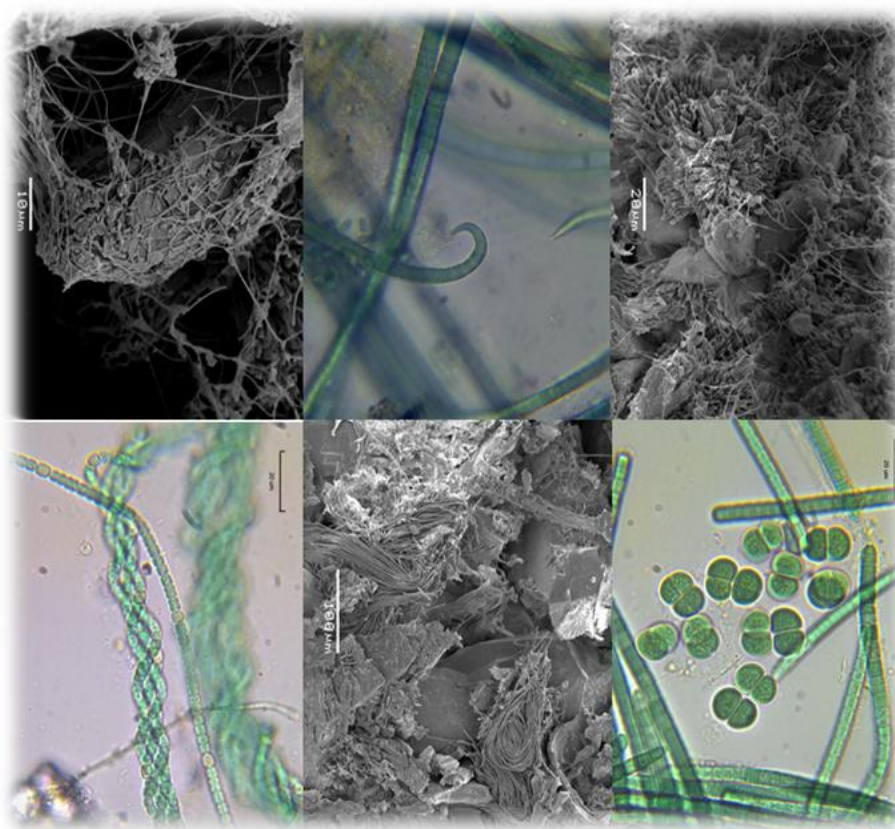




ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΝ

Η Μικροχλωρίδα των Πηγών της Αιδηψού και η Συμβολή της στη Διαμόρφωση του Γεωλογικού Υποστρώματος (Θερμογενείς Τραβερτίνες)



ΠΟΛΙΤΗ ΑΡΤΕΜΙΣ – ΑΠΕΛΙΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ-ΑΜΙΛΛΗ Αθηνά, Ομότιμη Καθηγήτρια Τμ. Βιολογίας, ΕΚΠΑ
(Επιβλέπουσα)

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Παναγιώτης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμ. Γεωλογίας, ΕΚΠΑ

ΔΑΣΕΝΑΚΗΣ Εμμανουήλ, Καθηγητής Τμ. Χημείας, ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν 7 θερμοπηγές από την περιοχή της Βόρειας Εύβοιας και μελετήθηκε η βιοποικιλότητα των κυανοβακτηρίων, οι πρωτοπόροι οργανισμοί καθώς και η συμβολή της κυανοβακτηριακής μικροχλωρίδας στην απόθεση θερμογενούς τραβερίτη (διεργασίες βιο-ορυκτογένεσης).

Συγκεκριμένα, η κυανοβακτηριακή βιοποικιλότητα αναγνωρίστηκε μικροσκοπικά με φωτονική (LM) και ηλεκτρονική μικροσκοπία (SEM), τόσο σε φυσικά δείγματα (σταθεροποιημένα σε διάλυμα φορμαλδεΐδης), όσο και σε καλλιεργημένο υλικό (χρησιμοποιώντας διάφορα θρεπτικά μέσα). Μελετήθηκε η ορυκτολογική σύσταση με την χρήση ακτινών Χ (XRD) και ηλεκτρονικής μικροσκοπίας (SEM) στις αποθέσεις θερμογενούς τραβερίτη. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συνδυάστηκαν με τις χημικές αναλύσεις υδάτων που πραγματοποίησε το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.). Πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση και συσχέτιση των δεδομένων που προέκυψαν από τις παραπάνω αναλύσεις.

Συνολικά αναγνωρίστηκαν 103 μορφότυποι και αναγνωρίστηκαν είδη τα οποία αποτελούν πρώτη καταγραφή για την Ελλάδα ή/και για την Ευρώπη. Ως πρώτοι εποικιστές διαπιστώθηκαν 46 μορφότυποι που στην πλειοψηφία τους ήταν νηματοειδή κυανοβακτήρια.

Μέσω της μελέτης σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) των αποθέσεων διαπιστώθηκαν διεργασίες βιο-ορυκτογένεσης που συμβάλλουν στη δημιουργία και αποδόμηση των αποθέσεων θερμογενούς τραβερίτη.

Τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής αποτελούν απαραίτητη βάση τόσο για περαιτέρω ταξινομικές και μοριακές αναλύσεις όσο και για μελέτες οι οποίες σχετίζονται με την βιο-ορυκτογένεση τραβερίτινών.

ABSTRACT

The present study deals with the investigation of biodiversity of cyanobacteria, i.e. known pioneer organisms, and the contribution of cyanobacterial microflora to the formation of thermogenic travertine deposits (bio-mineralization processes) in seven (7) hot springs in the northern Euboea Island.

Specifically, the cyanobacterial biodiversity has been identified microscopically by means of photonic (LM) and electron microscopy (SEM) both in natural samples (fixed in formaldehyde solution) and in cultured material (using various nutrient media). A mineralogical study using X-ray diffraction (XRD) and electron microscopy (SEM) in the thermogenic travertine deposits followed. The obtained results have been combined with hydrochemical water analysis conducted by the Institute of Geology and Mineral Exploration (I.G.M.E.). A statistical analysis and correlation of the data obtained from the above analysis was carried out.

One hundred and three (103) taxa of cyanobacteria were identified, among them first records for Greece and/or Europe. Also, 46 taxa were identified as pioneer organisms, most of them belonging to filamentous cyanobacteria.

Through the SEM study, bio-mineralization processes were ascertained which are thought to contribute to the formation and degradation of thermogenic travertine deposits.

The results of this study represent fundamental information for further study on bio-mineralization processes of travertine as well as for further clarification of the taxonomy of cyanobacteria through supplementary molecular analysis of the taxa involved.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	0
ABSTRACT.....	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1. ΘΕΡΜΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	8
Δημιουργία Θερμών Πηγών	8
Ταξινόμηση Θερμών Πηγών	9
Βιολογικό Ενδιαφέρον Θερμοπηγών.....	10
1.2. ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ.....	11
Γενικά Χαρακτηριστικά	11
Τα Κυανοβακτήρια ως Πρώτοι Εποικιστές	11
Κυανοβακτήρια και Ορυκτογένεση	12
Ταξινόμηση Κυανοβακτηρίων	13
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	18
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
Θερμές πηγές Βόρειας Εύβοιας.....	18
Χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.....	18
Γεωλογία Περιοχής	19
3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	26
3.1. ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ	26
3.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	27
Διαδικασία Δειγματοληψίας	27
3.3. ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	28
Γέφυρα.....	28
ΕΟΤ	30

Καζίνο	32
Γιάλτρα	33
Ήλια	35
Πλατάνια	36
4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	40
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	40
4.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	42
Καλλιέργειες Κυανοβακτηρίων <i>IN VITRO</i>	42
Μικροσκοπία.....	42
Φωτονική Μικροσκοπία	43
Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης	43
4.3. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΩΝ.....	44
Ορυκτολογικές αναλύσεις Περιθλασιμετρίας Ακτινών Χ (XRD).....	44
Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης	44
4.4. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΘΕΡΜΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	45
4.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	46
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	48
5.1. ΧΛΩΡΙΔΙΚΑ	48
Γέφυρα	48
Καζίνο	50
ΕΟΤ	53
Γιάλτρα	55
Ήλια	56
Πλατάνια	57
5.2. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΑ.....	61
5.3. ΠΡΩΤΟΙ ΕΠΟΙΚΙΣΤΕΣ (ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ – PIONEERS)	111

5.4.	ΒΙΟ-ΟΡΥΚΤΟΓΕΝΕΣΗ	114
5.5.	ΚΑΘΕΤΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ	123
5.6.	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΙΚΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ	126
5.7.	ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ.....	127
6.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	130
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	138
	Ξένη Βιβλιογραφία	138
	Ελληνική Βιβλιογραφία.....	147
7.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	149
	Παράρτημα 1	149
	Παράρτημα 2	172
	Παράρτημα 3	174
	Παράρτημα 4	175
	Παράρτημα 5	177

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στον τομέα της Οικολογίας και Ταξινομικής του Τμήματος Βιολογίας του Ε.Κ.Π.Α. υπάρχει μεγάλη παράδοση στην ταξινομική μικροοργανισμών από ακραία οικοσυστήματα και πιο συγκεκριμένα από θερμές πηγές (Anagnostidis 1961, 1968, Anagnostidis & Pantazidou 1988, Economou-Amilli 1976, 1977, Bravakos et al. 2016).

Οι θερμές πηγές αποτελούν επαρκώς απομονωμένους βιοτόπους και συνήθως αυτές εντοπίζονται οργανωμένες κατά ομάδες, σε πολλές περιοχές παγκοσμίως. Η μελέτη των οργανισμών, οι οποίοι διαβιούν σε τόσο ακραίες συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία, υψηλές συγκεντρώσεις σε μέταλλα κ.α.) αποτελούν ένα άκρως ενδιαφέρον ερευνητικό αντικείμενο, καθώς παρέχουν πληροφορίες για τα φυσικές και χημικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη διαμόρφωση της ζωής, δημιουργώντας νέες θεωρίες σχετικά με την προέλευσή της. Επίσης οι οργανισμοί αυτοί έχουν αναπτύξει ικανότητες προσαρμογής έτσι ώστε να επιβιώνουν σε ακραίες συνθήκες, παρουσιάζοντας όχι μόνο βιολογικό (ταξινομικό και οικολογικό) αλλά και βιοτεχνολογικό ενδιαφέρον.

Τα Κυανοβακτήρια (προκαρυωτικά μικροφύκη) είναι η κυρίαρχη ομάδα της φωτοσυνθετικής μικροχλωρίδας σε θερμές πηγές. Οι μελέτες για την ποικιλομορφία των ακραιόφιλων κυανοβακτηρίων και τη συμβολή τους στη δημιουργία στερεών αποθέσεων από τις θερμές πηγές (θερμογενείς τραβερτίνες – διαδικασίες βιο-ορυκτογένεσης) εξακολουθούν να είναι περιορισμένες, ειδικά στην Ελλάδα.

Στην περιοχή της Βόρειας Εύβοιας υπάρχει πληθώρα θερμών πηγών ως αποτέλεσμα των ενεργών τεκτονικών διεργασιών και της πρόσφατης ηφαιστειότητας της περιοχής. Στα πλαίσια της εν λόγω Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, με τίτλο «Η μικροχλωρίδα των πηγών της Αιδηψού και η συμβολή της στην διαμόρφωση του γεωλογικού υποστρώματος (θερμογενείς τραβερτίνες)», επιλέχθηκαν και μελετήθηκαν 7 θερμοπηγές από την περιοχή της Βόρειας Εύβοιας.

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη: (1) της ποικιλομορφίας των κυανοβακτηρίων σε επιλεγμένες περιοχές που συνδέονται άμεσα με το περιβάλλον των θερμών πηγών, καλύπτοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών οικοτόπων όσον αφορά τη θερμοκρασία και άλλες φυσικοχημικές παραμέτρους, (2) της συμβολής της κυανοβακτηριακής

μικροχλωρίδας σε διεργασίες βιο-ορυκτογένεσης κατά τον σχηματισμό θερμογενών τραβερτινών, (3) των πρωτοπόρων οργανισμών της κυανοβακτηριακής μικροχλωρίδας (pioneers) με τη χρήση της μεθόδου των τεχνητών υποστρωμάτων. Για την επίτευξη των στόχων αυτών ήταν απαραίτητος ο συνδυασμός των επιστημών της Βιολογίας και της Γεωλογίας.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το μεγαλύτερο μέρος της στο Εργαστήριο του Τομέα Οικολογίας και Ταξινομικής, του Τμήματος Βιολογίας του Ε.Κ.Π.Α., υπό την επίβλεψη της Ομότιμης Καθηγήτριας Α. Οικονόμου – Αμίλλη και της Δρ. Β. Λαμπρινού, αλλά και στα εργαστήρια του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α. υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή Π. Βουδούρη και Δρ. Χρήστου Κανελλόπουλου.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω για ακόμα μια φορά την επιβλέπουσα της διπλωματικής αυτής κα. Οικονόμου-Αμίλλη για την αμέριστη συμπαράσταση, καθοδήγηση και ουσιαστική βοήθεια σε όλα τα στάδια της διπλωματικής εργασίας. Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να πω στη μετα-διδάκτορα Δρ. Β. Λαμπρινού για την συμπαράστασή της, τη βοήθεια και την υπομονή της καθ' όλη τη διάρκεια του ταξινομικού μέρους της εργασίας καθώς και για τη διάθεση του χρόνου της για την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών και την παρακολούθηση του συγγραφικού έργου της εργασίας αυτής. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον μετα-διδάκτορα Δρ. Χ. Κανελλόπουλο για την καθοδήγησή του στο γεωλογικό μέρος της εργασίας καθώς επίσης και για τη διάθεση του χρόνου του και την πολύτιμη βοήθειά του τόσο στην πραγματοποίηση των δειγματοληψιών όσο και στις γεωλογικές αναλύσεις και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) και ιδιαίτερα τη Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων (ΔΙ.ΓΕ.ΘΜ.Υ.) για την υποστήριξη κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους φίλους και στην οικογένειά μου για την απέραντη κατανόηση και συμπαράστασή τους καθ' όλη την πορεία της διπλωματικής. Ως ελάχιστο δείγμα ευγνωμοσύνης και αγάπης αφιερώνω τη διπλωματική αυτή εργασία στην οικογένειά μου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΘΕΡΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

Δημιουργία Θερμών Πηγών

Πηγή καλείται η έξοδος νερού από το έδαφος. Το νερό μπορεί να ρέει ελεύθερα ή μπορεί να συσσωρεύεται σε ποικίλους υδάτινους αποδέκτες, π.χ. ρυάκια, λίμνες κλπ (Bryan 1919, Pitts & Alfaro 2001). Ως θερμή πηγή, ορίζεται η πηγή όπου η θερμοκρασία των νερών υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή (συνήθως τη μέση θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος) ή τη μέση τιμή της θερμοκρασία αέρος της περιοχής (Pentecost et al. 2011).

Η δημιουργία των θερμών πηγών οφείλεται συνήθως σε ανερχόμενο θερμό νερό μέσα από ρωγμές και ρήγματα. Αναλυτικότερα, ρευστά προερχόμενα κυρίως από κατακρημνίσεις εισχωρούν από την επιφάνεια της γης προς το εσωτερικό της μέσω των πετρωμάτων και των ρηγμάτων. Στη συνέχεια τα ρευστά αυτά θερμαίνονται συνήθως εξ αιτίας κάποιας διείδυσης ενός μαγματικού / ηφαιστειακού σώματος, ανέρχονται προς την επιφάνεια μέσω ρηγμάτων και αναβλύζουν στην επιφάνεια της γης υπό μορφή θερμών πηγών και ατμίδων (Wohletz & Heiken 1992).

Θερμές πηγές απαντώνται σε πολλά μέρη της Γης με τις πιο γνωστές να είναι αυτές του Yellowstone National Park στην Αμερική. Στην Ελλάδα απαντάται πληθώρα θερμών πηγών εξ αιτίας των ενεργών γεωλογικών διεργασιών. Τέτοιες περιοχές είναι οι εξής:

- **Θράκη και Ανατολική Μακεδονία:** Σαμοθράκη, Αλεξανδρούπολη, Κρηνίδες
- **Κεντρική Μακεδονία:** Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο, Νέα Απολλωνία, Λαγκάδα, Σέδες, Θέρμη Θεσσαλονίκης, Πόζαρ
- **Δυτική Μακεδονία:** Αμμουδάρα, Αγραπιδιά Αμύνταιου, Κιβωτός Γρεβενών
- **Θεσσαλία:** Σμοκόβου, Κόκκινο νερό
- **Ήπειρος:** Αμάραντος, Πρέβεζα
- **Δυτική Ελλάδα:** Αιτωλοακαρνανία, Λυσιμαχία, Μυρτιά, Καϊάφα
- **Στερεά Ελλάδα:** Υπάτη, Πλατύστομο, Καμμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Αιδηψός
- **Πελοπόννησος:** Περαχώρα, Λουτρά Ωραίας Ελένης, Μέθανα, Γορτυνία
- **Βόρειο Αιγαίο:** Λέσβος (Μόλυβος, Θερμή, Γέρα, Πολιχνίτος), Λήμνος, Χίος, Ικαρία

- **Νότιο Αιγαίο:** Κύθνος, Κίμωλος, Μήλος, Νίσυρος, Ρόδος

Ταξινόμηση Θερμών Πηγών

Οι θερμές πηγές ταξινομούνται ποικιλοτρόπως σύμφωνα με διάφορους παράγοντες με βασικότερα κριτήρια τη θερμοκρασία και χημική σύσταση του νερού, καθώς και τη μικροχλωρίδα που ενδημεί στην πηγή.

Θερμοκρασία: Υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τρόποι κατηγοριοποίησης των θερμοπηγών στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί η ταξινόμηση που έχει προταθεί από τον Castany (1963):

- Υπέρθερμες πηγές: 50 – 100 °C
- Μεσόθερμες πηγές: 35 – 50 °C
- Υπόθερμες πηγές: 20 – 35 °C

Χημική Σύσταση: Όπως επισημαίνει ο Bryan (1919), υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες θερμοπηγών ανάλογα με τη χημική τους σύσταση. Η πρώτη αντιστοιχεί στις μεταλλικές πηγές όπου παρατηρείται είτε υψηλή τιμή ενός χημικού στοιχείου, είτε παρατηρούνται μερικά ασυνήθιστα ή αξιοσημείωτα χημικά στοιχεία. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τις «κοινές πηγές», όπου δεν παρατηρούνται τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Οι πηγές της πρώτης κατηγορίας ταξινομούνται περαιτέρω ανάλογα με το ειδικό χημικό στοιχείο που τις χαρακτηρίζει. Κάποια παραδείγματα είναι τα εξής:

- **Σιδηρούχες πηγές:** Περιέχουν σε 1 L ύδατος, περισσότερο από 0,01 g ιόντων σιδήρου.
- **Θειούχες πηγές:** Περιέχουν περισσότερο από 0,001 g θείου.
- **Ραδιενεργές πηγές:** Εντοπίζεται αυξημένη τιμή ραδιενέργειας.
- **Όξινες πηγές:** Περιέχουν διαλυμένα στερεά σε ποσότητα < 1g/ kg ύδατος και ποσότητα ελεύθερου CO₂ > 1g.

Τέλος, η μικροχλωρίδα των θερμοπηγών σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία του νερού καθώς όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο μικρότερη και εξειδικευμένη είναι η

βιοποικιλότητα της περιοχής. Ο Anagnostidis (1961) ακολούθησε την εξής ταξινόμηση βάσει της μικροχλωρίδας:

- **Κυανοθέρμες ή Θερμοπηγές Κυανοφυκών:** Παρουσία θερμόφιλων κυανοβακτηρίων και σπανίως ορισμένων βακτηρίων.
- **Κυανοδιατομοθέρμες ή Θερμοπηγές Διατόμων:** Απαντώνται τόσο κυανοβακτήρια όσο και διάτομα.
- **Κυανοχλωροθέρμες ή Θερμοπηγές Χλωροφυκών:** Εντονότερη η παρουσία των χλωροφυκών και εμφάνιση ορισμένων θερμόφιλων κυανοβακτηρίων.
- **Θειοκυανοθέρμες:** Κυριαρχούν τα θειοβακτήρια, παρατηρούνται όμως και κυανοβακτήρια.
- **Θειοθέρμες ή Θερμοπηγές Θειοβακτηρίων:** Ανάπτυξη κυρίως θειοβακτηρίων.
- **Σιδηροκυανοθέρμες ή Θερμοπηγές Σιδηροβακτηρίων:** Επικράτηση κυανοβακτηρίων και σιδηροβακτηρίων.

Βιολογικό Ενδιαφέρον Θερμοπηγών

Οι θερμές πηγές παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον κυρίως λόγω των ακραίων συνθηκών που επικρατούν εκεί. Οι οργανισμοί που διαβιούν χαρακτηρίζονται από διάφορες προσαρμογές που τους επιτρέπουν να αντέχουν τις υψηλές τιμές θερμοκρασίας καθώς και τις υψηλές συγκεντρώσεις χημικών στοιχείων στο νερό (Ionescu et al. 2007, Soo et al. 2009). Ο Hartman (1998), όπως άλλωστε και πολλοί άλλοι ερευνητές, υποστηρίζει ότι η πρώτη μορφή ζωής εμφανίστηκε σε περιβάλλον θερμή πηγής.

Παράλληλα, πληθώρα μελετών έχει αποδείξει ότι τα βακτήρια μπορούν να συμβάλουν στην απόθεση στερεού ιζήματος σε περιβάλλον θερμών πηγών, μέσω διεργασιών βιοορυκτογένεσης (Chafetz & Guidry 1999, Di Benedetto et al. 2011, Obst et al. 2009, Kamennaya et al. 2012, Fouke 2011, Dupraz et al. 2009, Dittrich & Obst 2005, Kanellopoulos et al. 2016).

Οι θερμές πηγές όμως δεν παρουσιάζουν μόνο ταξινομικό ενδιαφέρον για τις ξεχωριστές βιοκοινωνίες που φιλοξενούν αλλά είναι πλέον καθιερωμένες και για την ιαματική τους δράση. Τα τελευταία χρόνια ο ιαματικός τουρισμός παρουσιάζει όλο και μεγαλύτερο

ενδιαφέρον. Οι ιαματικές δράσεις των θερμών πηγών οφείλονται τόσο στα χημικά συστατικά του νερού, όσο και στις βιοδραστικές ουσίες που παράγουν τα είδη που διαβιούν στις περιοχές αυτές. Τα είδη αυτά είναι κατά κύριο λόγο Βακτήρια και Αρχαία, ενώ από τους φωτοσυνθετικούς μικροοργανισμούς κυριαρχούν τα Κυανοβακτήρια (Brock 1978, Ward & Castenholz 2000). Για να διαπιστωθούν όμως οι βιοδραστικές ουσίες των οργανισμών, είναι απαραίτητη η εκ των προτέρων μελέτη, αναγνώριση και καταγραφή των ειδών καθώς και η προσπάθεια καλλιέργειάς τους στο εργαστήριο.

1.2. ΚΥΑΝΟΒΑΚΤΗΡΙΑ

Γενικά Χαρακτηριστικά

Τα Κυανοβακτήρια είναι προκαρυωτικοί, φωτοσυνθετικοί και οξυγονοπαραγωγικοί οργανισμοί, οι οποίοι φυλογενετικά ανήκουν στην επικράτεια των Βακτηρίων (Woese et al. 1990) αλλά έχουν την ικανότητα να συνθέτουν χλωροφύλλη. Θεωρείται ότι τα Κυανοβακτήρια ήταν από τους πρώτους φωτο-αυτότροφους οργανισμούς που εμφανίστηκαν στην Γη, σε προγόνους μάλιστα του Φύλου αυτού οφείλεται η αύξηση του οξυγόνου και η δημιουργία της ατμόσφαιρας (Schopf & Walter 1982, Schopf 2014, Shirmmeister et al. 2015).

Τα Κυανοβακτήρια έχουν την ικανότητα ανάπτυξης σε σχεδόν όλους τους τύπους ενδιαιτημάτων. Διαβιούν τόσο σε χερσαία οικοσυστήματα όσο και στη θάλασσα αλλά και σε οικοσυστήματα γλυκού νερού. Επίσης δύνανται να αναπτύσσονται και σε ακραία περιβάλλοντα όπως στην έρημο, σε πάγο, σε θερμές πηγές, σε υπεράλμυρα ενδιαιτήματα ακόμα και ενδολιθικά εξ αιτίας των προσαρμογών που έχουν αναπτύξει (Vincent 2000, Wynn-Williams 2000, Wierzchos et al. 2006, Kirkwood et al. 2008, Bahl et al. 2011).

Τα Κυανοβακτήρια ως Πρώτοι Εποικιστές

Ως πρώτοι εποικιστές (pioneers) έχουν χαρακτηριστεί οι οργανισμοί οι οποίοι εγκαθίστανται πρώτοι σε μία επιφάνεια και δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες ώστε να είναι ευκολότερη η εγκαθίδρυση και άλλων οργανισμών στο σημείο αυτό. Φωτοτροφικά βιοϋμένια (biofilms) δημιουργούνται σε επιφάνειες τόσο της χέρσου όσο και υδατικών

οικοσυστημάτων. Η κύρια πηγή ενέργειας αυτών των βιοϋμενίων είναι η φωτοσύνθεση. Διάτομα, χλωροφύκη και κυανοβακτήρια χρησιμοποιούν το φως ως πηγή ενέργειας και ανάγουν το CO₂ παρέχοντας οργανικά υποστρώματα και οξυγόνο. Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί συνιστούν τους πρωτοπόρους οργανισμούς (pioneers) και εν συνεχεία επιτρέπουν την ανάπτυξη και άλλων πιο σύνθετων βακτηριακών συνεργατικών κοινοτήτων “bacterial consortia” που σχηματίζονται από ετερότροφους οργανισμούς. Η δημιουργούμενη σύνθετη βιοκοινότητα αποτελείται από νερό (70-95%), από εξωκυτταρικά πολυμερή συστατικά (EPS – Exopolymetric Polysaccharide Substances) (Flemming 1993, Wahl 1998, Cuzman 2009) και από τους οργανισμούς οι οποίοι είναι βυθισμένοι σε αυτή την ένυδρη μήτρα. Είναι πολύ σημαντική η αναγνώριση των οργανισμών που δρουν ως πρωτοπόροι, ώστε να είναι εφικτή η μελέτη των μηχανισμών και των χαρακτηριστικών τους. Οι οργανισμοί αυτοί συνεισφέρουν τόσο στην ανάπτυξη των βιοκοινοτήτων στις περιοχές αυτές, και πιθανόν στη δημιουργία του πρώτου στρώματος θερμογενούς τραβερτίνης (Jones et al. 1998, Guidry & Chaftez 2002, Handley et al. 2005). Είναι η πρώτη φορά που γίνεται καταγραφή των πρώτων κυανοβακτηριακών εποικιστών – από ελληνικές θερμές πηγές – με διατάξεις (αντικειμενοφόρες πλάκες) που τοποθετήθηκαν *in situ* (βλ. κεφ. 3.2).

Κυανοβακτήρια και Ορυκτογένεση

Τα Κυανοβακτήρια είναι οι κυριότεροι οξυγονοπαραγωγικοί μικροοργανισμοί και αποτελούν τα πιο άφθονα προκαρυωτικά φύκη στους τραβερτίνες όλου του κόσμου. Αναπτύσσονται επιλιθικά ή/και ενδολιθικά συμβάλλοντας στη βιογενή και αβιογενή απόθεση CaCO₃ (Pentecost 1990, 2003, Pentecost & Whitton 2000, Stal 2000).

Τα κυανοβακτήρια συντελούν στην εναπόθεση CaCO₃ με:

- Αύξηση του pH μέσω της φωτοσύνθεσης
- Παγίδευση κόκκων CaCO₃ εντός περιπεπλεγμένων νημάτων
- Δέσμευση κόκκων CaCO₃ στο EPS (Εξωκυτταρικά Πολυμερή Συστατικά (EPS – Exopolymetric Polysaccharide Substances))

Το EPS αποτελεί ένα προστατευτικό και συγκολλητικό υλικό που βοηθά στην προσκόλληση και σταθεροποίηση των κυττάρων, νημάτων και αποικιών στο υπόστρωμα ευνοώντας έτσι και την παγίδευση των ιζημάτων.

Είναι επίσης γνωστόν ότι κάποια κυανοβακτήρια, όπως το είδος *Rivularia haematites* C.Agardh ex Bornet & Flahault 1886, είναι ικανά να συνθέτουν CaCO₃ ενδογενώς.

Ταξινόμηση Κυανοβακτηρίων

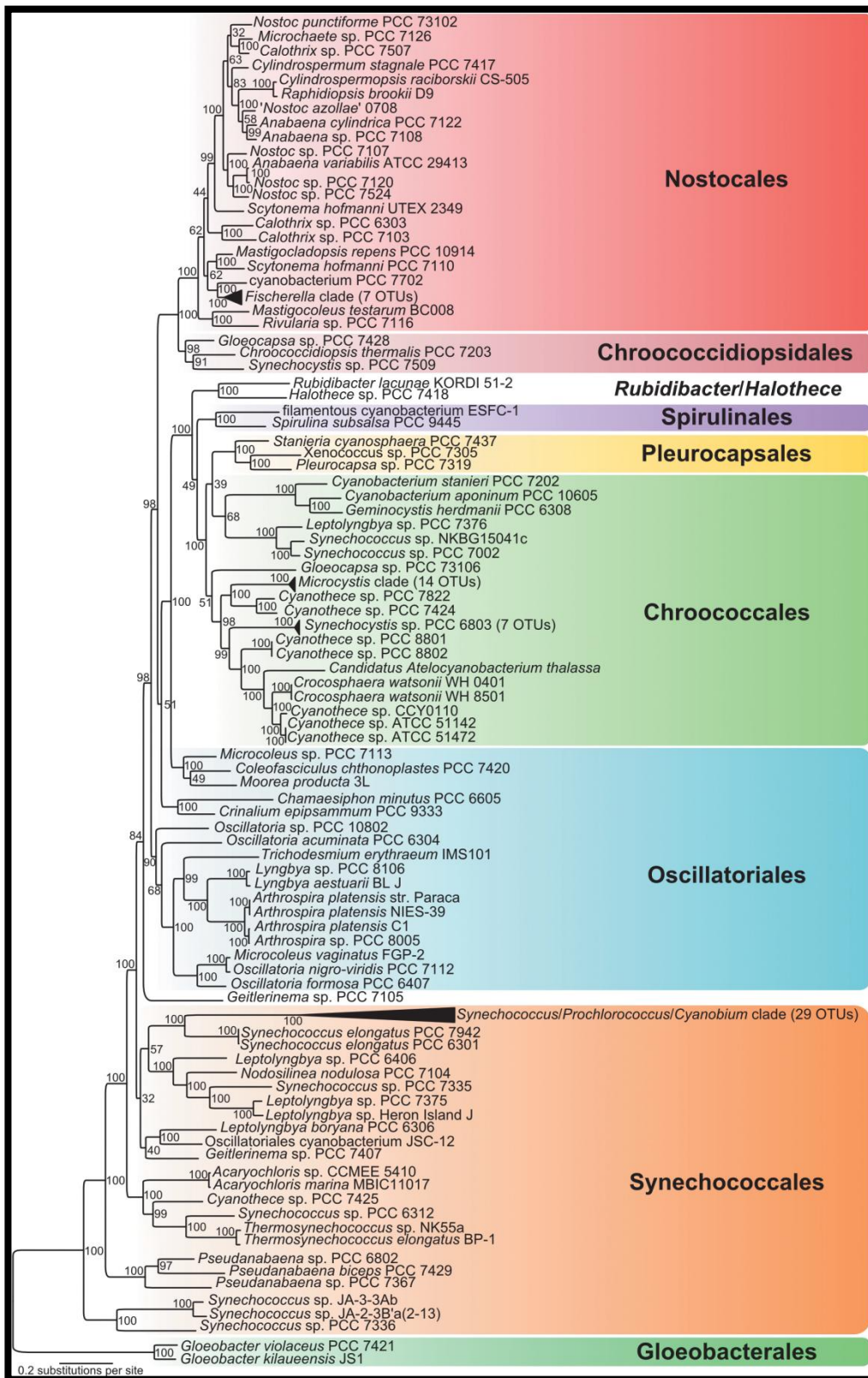
Η ταξινόμηση των Κυανοβακτηρίων είναι απαραίτητη για να είναι γνωστή η ακριβής σύνθεση των βιοκοινωνιών που σχηματίζουν. Η διαδικασία ταξινόμησης μπορεί να είναι αρκετά δύσκολη επειδή το ταξινομικό σύστημα είναι εν γένει ένα δυναμικό σύστημα, το οποίο συνεχώς εμπλουτίζεται και επανεξετάζεται ανάλογα με την πρόοδο της επιστήμης και της τεχνολογίας.

Η κλασική προσέγγιση της ταξινόμησης των Κυανοβακτηρίων ακολουθείται μέχρι σήμερα και βασίζεται κυρίως σε μορφολογικά, κυτταρολογικά και οικοφυσιολογικά γνωρίσματα. Ο Drouet (1968, 1978) όμως υποστήριξε ότι οι μορφολογικές διαφοροποιήσεις μπορεί να οφείλονται στην επίδραση των διαφορετικών ενδολιθικών και περιβαλλοντικών παραγόντων με αποτέλεσμα να προτείνει τη μείωση του αριθμού των γενών. Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια ταξινόμησης των Κυανοβακτηρίων με βάση των βακτηριολογικό τους κώδικα (Waterbury & Stanier 1977, Riprka et al. 1979), με τη χρήση στελεχών που αναπτύσσονται υπό εργαστηριακές συνθήκες.

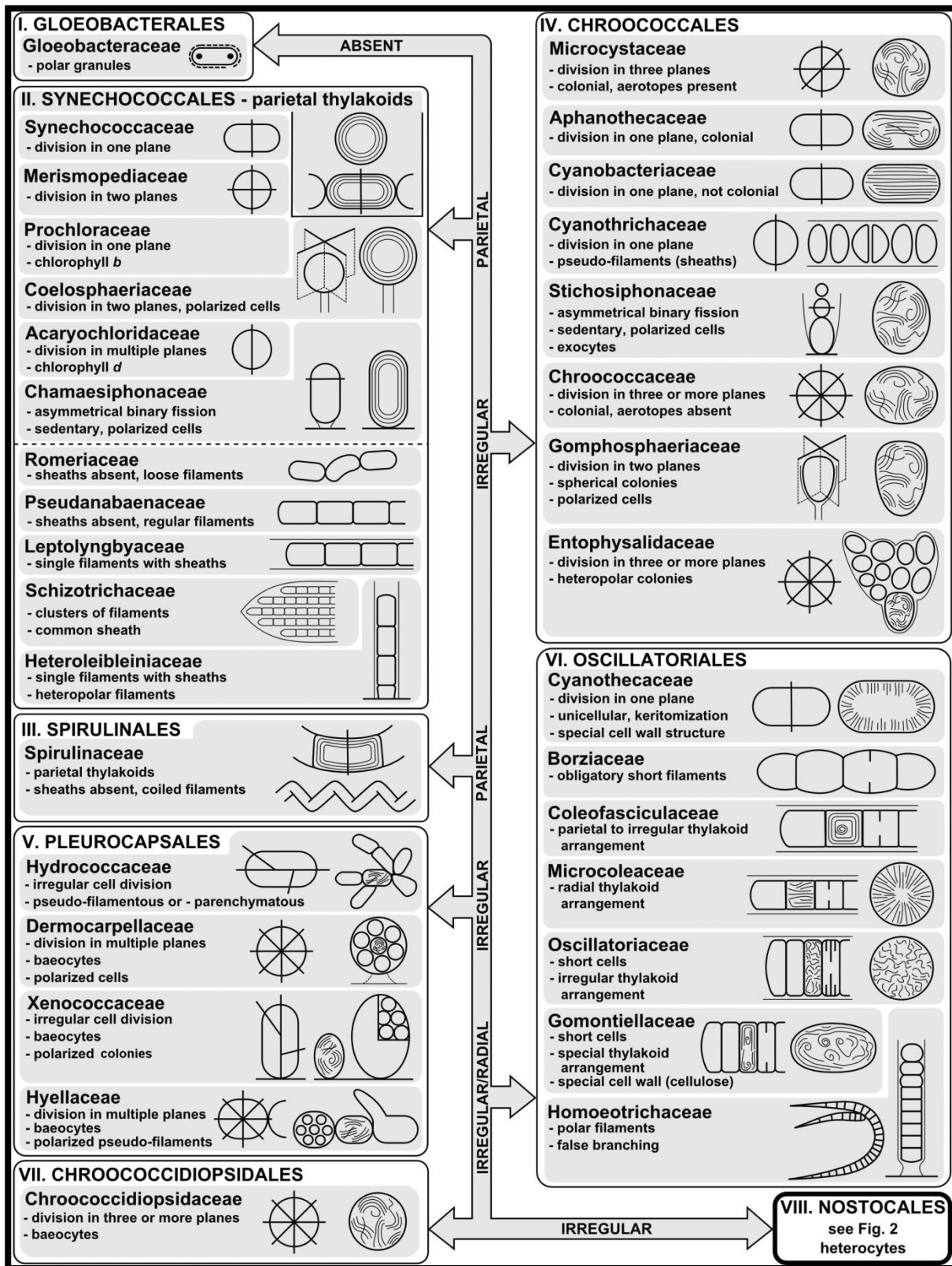
Η σύγχρονη προσέγγιση της ταξινόμησης των Κυανοβακτηρίων είναι πολυφασική και βασίστηκε σε μορφολογικές, οικολογικές και μοριακές καθώς και πληροφορίες φυσιολογίας, οι οποίες αντλούνται τόσο από φυσικό υλικό όσο και από καλλιέργειες (Hoffmann 1988, Komárek 2003). Το νέο αυτό σύστημα συνεδύασε βακτηριολογικές (εξαρτώμενες από τις καλλιέργειες) και βοτανικές προσεγγίσεις καθώς συνεισέφερε στην επανεξέταση και αναθεώρηση προηγούμενων ταξινομικών κατατάξεων (Komárek 2003) και βοήθησε τους επιστήμονες να επανεξετάσουν πρώτες θεωρίες σε σχέση με την εξάπλωση των ειδών (Komárek 1985). Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιήθηκε αρχικά στη συστηματική αναθεώρηση των μεγαλύτερων ταξινομικών μονάδων των κυανοβακτηρίων

(Anagnostidis & Komárek 1985, Komárek & Anagnostidis 1986, Anagnostidis & Komárek 1988, Komárek & Anagnostidis 1989, Anagnostidis & Komárek 1990).

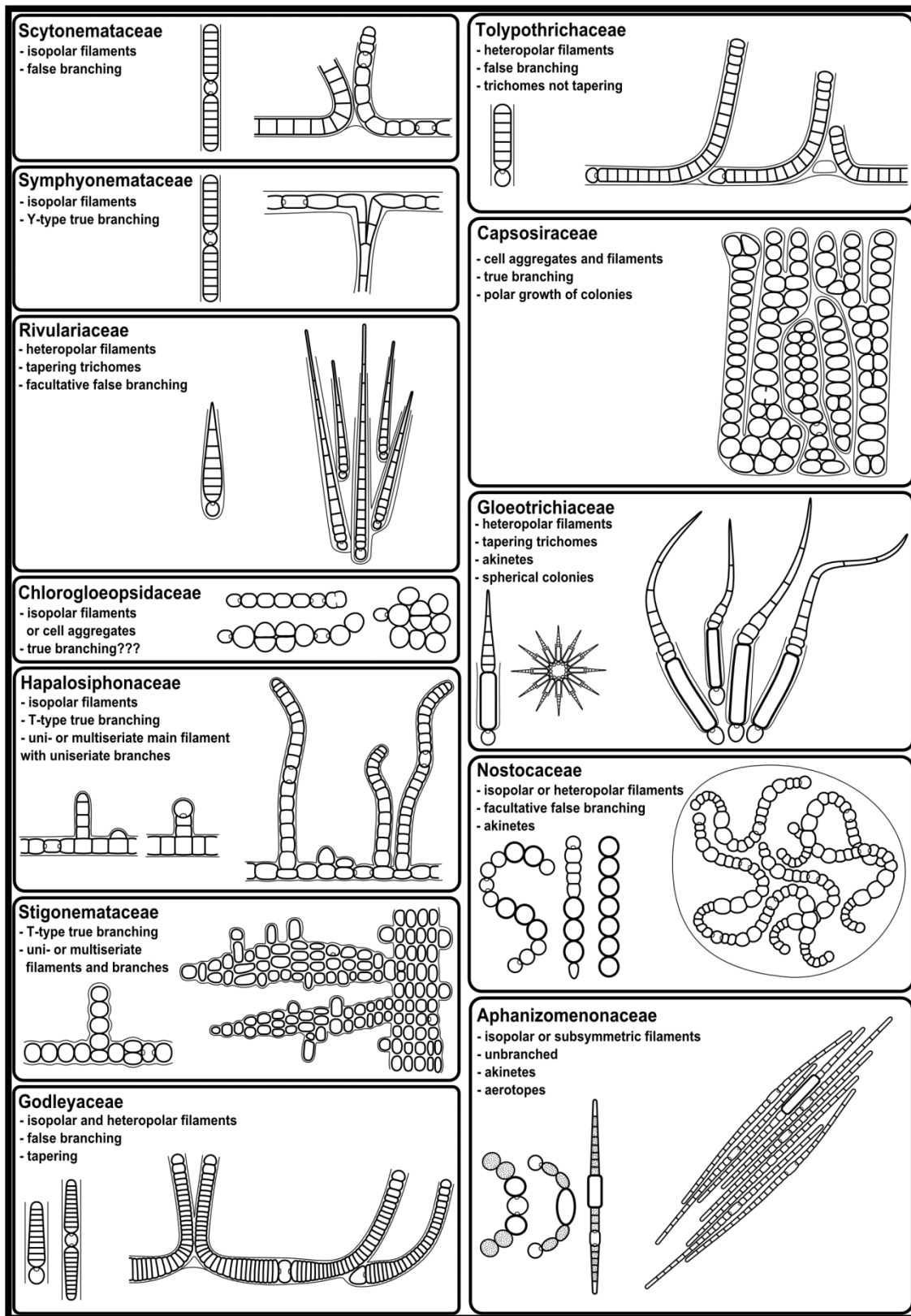
Το ταξινομικό σύστημα στην παρούσα εργασία είναι αυτό που προτείνεται από τους Komárek et al. (2014), το οποίο βασίζεται σε μια πολυφασική προσέγγιση διότι λαμβάνει υπόψη του αναδιατάξεις που έχουν προέλθει από αποτελέσματα μοριακών αναλύσεων αλλά και από μικροσκοπική παρατήρηση. Στην πρόσφατη εργασία των Komárek et al. (2014) συγκεντρώνονται όλες οι αναδιατάξεις των τελευταίων ετών που αφορούν στην ταξινόμηση των Κυανοβακτηρίων και προτείνεται ένα αναδιαρθρωμένο ταξινομικό σύστημα.



Εικόνα 1.1 Φυλογενετικό δέντρο κυανοβακτηρίων βασιζόμενο σε 31 διατηρούμενες πρωτεϊνικές ακολουθίες (Komarek et al. 2014).



Εικόνα 1.2 Σχηματική απεικόνιση των τάξεων και οικογενειών των κυανοβακτηρίων με τα σημαντικά χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν (Komarek et al. 2014).



Εικόνα 1.3 Σχηματική απεικόνιση των οικογενειών των ετεροκυτικών (heterocytous) βακτηρίων (Nostocales) σε επίπεδο τάξεων και οικογενειών, με τα σημαντικά χαρακτηριστικά που τις διαφοροποιούν (Komarek et al. 2014).

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θερμές πηγές Βόρειας Εύβοιας

Στην περιοχή της Βόρειας Εύβοιας απαντώνται θερμές πηγές σε 3 περιοχές (Ηλία, Λουτρά Αιδηψού και Λουτρά Γιάλτρων). Αυτές οι θερμές πηγές συνδέονται με τα κύρια συστήματα ρηγμάτων της περιοχής (Κανελλόπουλος 2011).

Οι θερμές πηγές στην περιοχή της Αιδηψού είναι γνωστές από την αρχαιότητα. Πληθώρα δημοσίων και ιδιωτικών επενδύσεων έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή. Η Λουτρόπολη της Αιδηψού αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους προορισμούς ιαματικού τουρισμού και θερμαλισμού της χώρας.

Οι θερμές πηγές της Αιδηψού είναι από τις θερμότερες σε όλη την Ευρώπη και οι 2^{ες} με υψηλότερη θερμοκρασία στην Ελλάδα, μετά τις ιαματικές πηγές του Πολυχίτου Λέσβου.

Χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

Οι θερμές πηγές που μελετήθηκαν στα πλαίσια αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας (Λουτρά Αιδηψού, Λουτρά Γιάλτρων και Ηλίων) εντοπίζονται στη Βόρεια Εύβοια. Η ακριβής τους θέση σημειώνεται στον (γεωλογικό) χάρτη της περιοχής (Απεικόνιση 2.1).

Το υδρογραφικό δίκτυο στις περιοχές αυτές είναι παράλληλου τύπου, όμως αρκετά περιορισμένο εξ αιτίας του έντονου αναγλύφου και της μικρής απόστασης από τη θάλασσα. Ο Θερμοπόταμος είναι το κύριο ρέμα στην περιοχή των Λ. Αιδηψού, το οποίο διασχίζει τον οικισμό των Λ. Αιδηψού και καταλήγει στη θάλασσα. Η λεκάνη απορροής της Βορειοδυτικής Εύβοιας εκτείνεται σε μήκος από την Αιδηψό έως το όρος Κανδήλι, και σε πλάτος από το όρος Τελέθριο μέχρι τα Λ. Αιδηψού (Κακαβάς 1984).

Οι θερμές πηγές που μελετήθηκαν, κατά το πλείστον, αποθέτουν θερμογενή τραβερτίνη.

Ο τραβερτίνης είναι ένα ιζηματογενές πέτρωμα, ανθρακικής σύστασης (CaCO₃) και ο σχηματισμός του οφείλεται κατά κύριο λόγο, στη διαφυγή του CO₂ από το αναβλύζον

γεωθερμικό ρευστό στον ατμοσφαιρικό αέρα, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του pH στο υγρό και κατ' επέκτασιν τη μείωση της διαλυτότητας του CO_3^{2-} και την απόθεση του τραβερτίνη.

Οι κύριες ορυκτές φάσεις των τραβερτινών στην περιοχή μελέτης είναι ο ασβεστίτης και/ ή ο αραγωνίτης (Κανελλόπουλος 2011, Kanelloroulos 2013a). Επιστημονικές μελέτες υποστηρίζουν ότι στη δημιουργία των τραβερτινών αυτών έχουν συμβάλει και βιογενείς διεργασίες (βιο-ορυκτογένεση, βλ. Κανελλόπουλος 2011, Kanelloroulos 2014). Οι τραβερτίνες της περιοχής μελέτης παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία λιθοτύπων (Kanelloroulos 2012) και μορφολογικών χαρακτηριστικών (Kanelloroulos 2013).

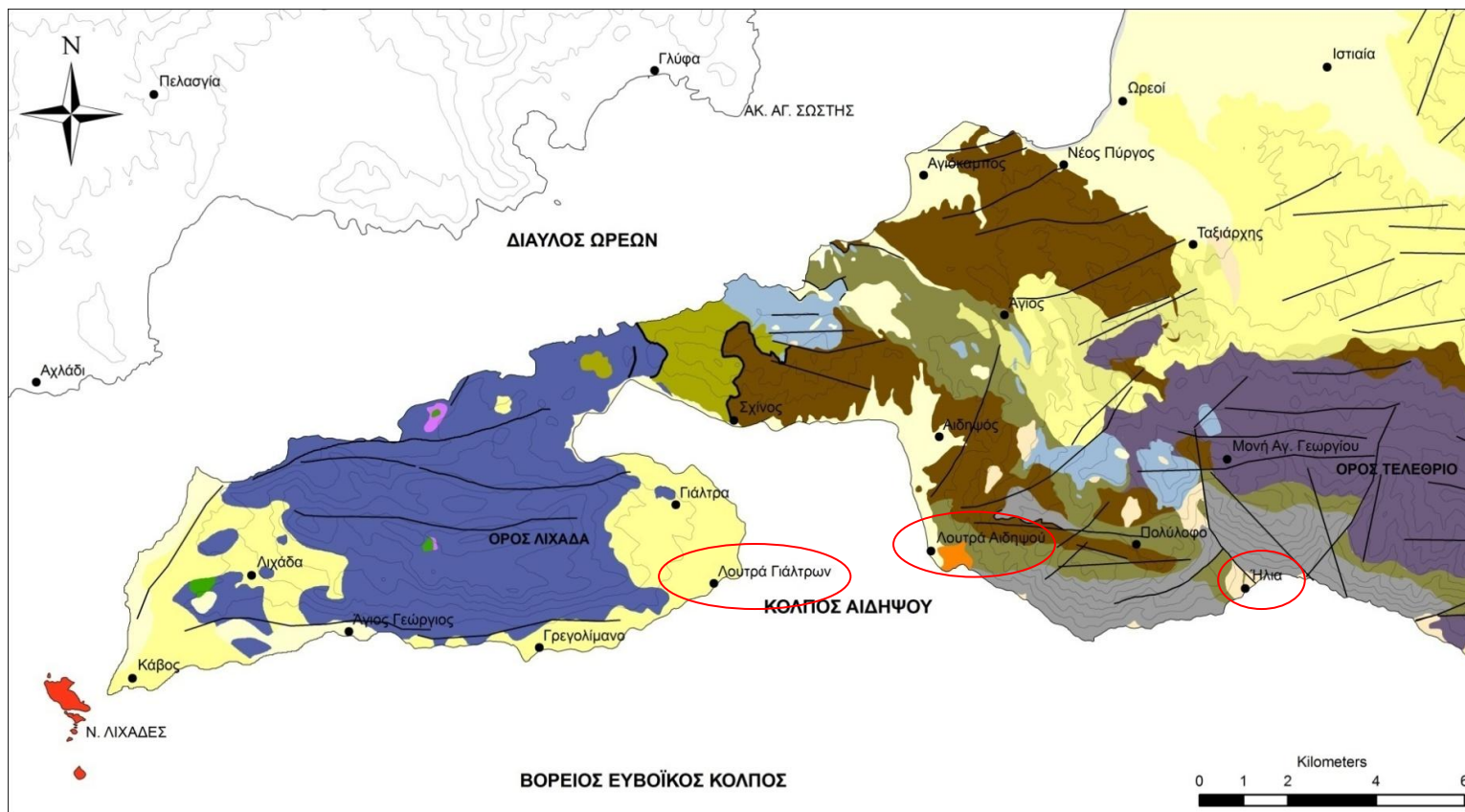
Γεωλογία Περιοχής

Τα λουτρά της Αιδηψού, των Γιάλτρων και οι θερμές πηγές στα Ήλια εντοπίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα της Εύβοιας. Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από βραχώδη ορεινή μορφολογία εδάφους και κάποιες πεδινές περιοχές, καθώς επίσης και από την ύπαρξη του τεκτονικού κέρατος της Βόρειας Εύβοιας και της τεκτονικής τάφρου του Βόρειου Ευβοϊκού. Έντονες γεωμορφολογικές διεργασίες έχουν σημειωθεί στον Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο και στον Δίαυλο των Ωραιών, εξ αιτίας των ανοδικών κινήσεων της θάλασσας, της νεοτεκτονικής δραστηριότητας και της τροφοδοσίας των ιζημάτων (Vanassis 2001). Οι κλίσεις των πρανών της περιοχής στο δυτικό μέρος (Λουτρά Γιάλτρων) είναι σχετικά ήπιες, ενώ ανατολικότερα (Ήλια) οι κλίσεις γίνονται πιο έντονες.

Το βορειοδυτικό τμήμα της Εύβοιας ανήκει γεωλογικά στο δυτικό τμήμα των εσωτερικών γεωτεκτονικών ενοτήτων της Ελλάδος και πιο συγκεκριμένα στην Πελαγονική και Υπο-Πελαγονική ενότητα (Mountrakis 1986). Η περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα, ανθρακικά πετρώματα και οφιολιθικά πετρώματα συμπεριλαμβάνοντας περιδοτίτες, γάβρους και σερπεντινίτες. Μεγάλα τμήματα της Βορειοδυτικής Εύβοιας καλύπτονται από μετα-Αλπικά ιζήματα, κυρίως Τεταρτογενούς και Νεογενούς ηλικίας.

Η ύπαρξη θερμών πηγών και η ηφαιστειότητα της περιοχής οφείλονται στον λεπτό και κατακερματισμένο φλοιό της περιοχής. Οι ηφαιστειογενείς νήσοι Λιχάδες εντοπίζονται στο

κέντρο του βόρειου Ευβοϊκού κόλπου (Georgalas 1938) και αποτελούνται κυρίως από τραχιανδεσιτικής σύστασης λάβες, οι οποίες έχουν ηλικία 0,5 Ma (Pe-Piper & Piper 2002). Οι Karastathis et al. (2011) διαπίστωσαν την ύπαρξη ενός μαγματικού θαλάμου, κάτω από τον βόρειο Ευβοϊκό κόλπο, σε βάθος περίπου 7-8 km, χρησιμοποιώντας γεωφυσικές μεθόδους. Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν πολλά συστήματα ρηγμάτων εξ αιτίας του ενεργού τεκτονισμού (extensional tectonics) (Vavassis 2001, Palyvos et al. 2006).



LEGEND

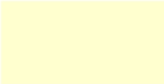
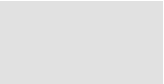
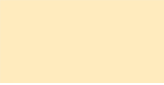
POST-ALPINE FORMATIONS	Ng c st, c1, c2, mk	ALPINE FORMATIONS	P sub-Pel	Ti-m k, d	Ophiolitic Rocks	STRUCTURAL DATA
Q al	Ng ol-br, tr	Sub-Pelagonian Unit	Pelagonian Unit	P	oph	— Fault
H cd dn	travertine	sch d	Tm, pr, k	gn sch		— Thrust, overthrust
Qsc	lava	TR J-DK	Ti-m, k, s sch			

Εικόνα 2.1 Γεωλογικός χάρτης της Βόρειας Εύβοιας (από Κανελλόπουλος, 2011).


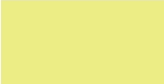


Αναλυτικό Υπόμνημα του Γεωλογικού Χάρτη της Απεικόνισης 2.1

ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ (Post Alpine Formations)

Τεταρτογενές


	Qal	Αλλουβιακές αποθέσεις.
	Hcd dn	Θίνες και ιλύς τεναγών.
	Qsc	Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα, Ολοκαινικής-Πλειστοκαινικής ηλικίας.

Νεογενές

	Ng c st, c1, c2, mk	Νεογενείς αποθέσεις λιμναίας και ποταμολιμναίας φάσης.
	Ng ol-br, tr	Νεογενείς αποθέσεις χερσαίας φάσης.
	Travertine	Τραβερίνης.
	Lava	Λάβες.

ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ (Alpine Formations)

Υπο-πελαγονική Ενότητα (Sub-Pelagionian Unit)

	sch d	Σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση ηλικίας Αν. Τριαδικού – Ιουρασικού. Κλαστική ακολουθία που αποτελείται από εναλλαγές αργιλικών σχιστών, κερατολίθων, μαργαϊκών ασβεστολίθων, πλακωδών ασβεστολίθων και σπανίως
--	-------	---

κροκαλοπαγών. Εντός της διάπλασης παρατηρούνται εκρηξιγενή πετρώματα, διαφόρων τύπων οφιόλιθοι, τόφφοι και σερπεντινίτες. Χαρακτηριστικές εμφανίσεις της διάπλασης με διαβάσεις, δολερίτες, τόφφους βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων, ηφαιστειακά λατυποπαγή, διορίτες, διαβασικούς πορφυρίτες και κεροστιλβίτες.

Ανθρακική ακολουθία ηλικίας Τριαδικού – Ιουρασικού. Συνίσταται από λευκούς–ερυθρίζοντες νηριτικούς ασβεστολίθους, δολομιτικούς ασβεστολίθους, παχυστρωματώδεις έως άστρωτους. Οι ερυθρίζουσες αποχρώσεις είναι στη βάση της ακολουθίας και είναι υπολείμματα της φάσης ammonitico rosso που συνδέεται με την ηφαιστειότητα του μέσου Τριαδικού.

Περμοτριαδική κλαστική σειρά. Κλαστική ακολουθία αποτελούμενη από εναλλαγή χαλαζιτών, πηλιτών, ψαμμιτών, πλακωδών ασβεστολίθων και κροκαλοπαγών. Εντός αυτής απαντώνται ολισθόλιθοι διαφόρων μεγεθών ηφαιστειτών που δηλώνει έμμεσα αλλά και σαφέστατα μια ανωπαλαιοζωική ηφαιστειότητα. Στην περιοχή ενδιαφέροντος απαντώνται κερατοφυρικοί πράσινοι τόφφοι και οφιόλιθοι.

Πελαγονική ενότητα (Pelagonian Unit)

Πρασινίτες – Πρασινόλιθοι και κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι ηλικίας M. Τριαδικού. Μεταμορφωμένα επιζωνικά βασικά εκρηξιγενή πετρώματα χρώματος πράσινου και ιώδους με παρεμβολές σχιστολίθων και φυλλιτών, με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστολίθων χρώματος λευκότεφρου έως τεφρού, με πάχος από 5–150 m. Στη μεταμόρφωση των πρασινιτών – πρασινολίθων τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά

που απαντώνται είναι επίδοτα, άστριοι, χλωρίτης και σε μικρότερη αναλογία χαλαζίας, ασβεστίτης και υδροβιοσίτης. Το μέγιστο ορατό πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 600 m.

Κλαστική μεταμορφωμένη σειρά ηλικίας Μ. Τριαδικού. Ελαφρώς μεταμορφωμένα πετρώματα που αποτελούνται από εναλλαγές αρκοζών, γραουβάκων, αργιλικών σχιστολίθων με παρεμβολές μικροψηφιδοπαγών. Ο σχηματισμός υπέρκειται τεκτονικά του γνευσιακού υποβάθρου. Κατά θέσεις ο σχηματισμός διασχίζεται από φλέβες, ποικίλων διευθύνσεων, βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων μη μεταμορφωμένων. Το πάχος του σχηματισμού δεν υπερβαίνει τα 300 m.

Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Ενστρώσεις στον προηγούμενο σχηματισμό ηλικίας Ανήσιου. Το χρώμα τους είναι υπόλευκο, λευκότεφρο έως τεφρό. Είναι μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και μικροκρυσταλλικοί. Υπέρκειται τεκτονικά των υποκείμενων γεωλογικών σχηματισμών. Το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 200 m.

Περμική σειρά εναλλασσόμενων κλαστικών πετρωμάτων και μικροκρυσταλλικών ασβεστολίθων. Αποτελούνται από χονδρόκοκκες έως λεπτόκοκκες αρκόζες, γραουβάκες, φυλλίτες και μικροκρυσταλλικούς ασβεστολίθους χρώματος τεφρού ή τεφρόμαυρου. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0 έως 400 m. Υπέρκειται τεκτονικά στο υποκείμενο κρυσταλλικό υπόβαθρο της Πελαγονικής ενότητας.

Κρυσταλλικό υπόβαθρο. Αποτελείται κύριως από ορθογνεύσιους και σε μικρότερο ποσοστό από παρα-γνεύσιους, όπως γνευσιακούς σχιστολίθους και χαλαζιακούς – σερικιτικούς σχιστολίθους. Οι άστριοι είναι κυρίως πλαγιόκλαστα όξινα έως μέσης βασικότητας και απαντώνται σε μεγάλους κρυστάλλους

που είναι έντονα σερικιτιωμένοι, ασβεστιτιωμένοι και σωσσυριτιωμένοι. Κατά θέσεις παρατηρούνται αμφιβολίτες και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι. Συχνά ο σχηματισμός διασχίζεται από βασικά εκρηξιγενή πετρώματα μη μεταμορφωμένα. Η ηλικία του θεωρείται προλιθανθρακοφόρος. Το μέγιστο ορατό πάχος είναι περίπου 800 m.

Σχηματισμοί οφιολιφικών πετρωμάτων (Ophiolitic Rocks)



oph

Οφιολιθικά πετρώματα. Περιδοτίτες, γάββροι, σερπεντινίτες, ενίοτε και συνοδά ιζήματα.

ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (Structural data)



Fault

Ρήγμα.



Thrust,
Overthrust

Επώθηση, εφίπευση.

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

3.1. ΣΤΟΧΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η εν λόγω μελέτη περιλαμβάνει δείγματα από 3 περιοχές εκδήλωσης θερμών πηγών στη Βόρεια Εύβοια.

Στα πλαίσια της μελέτης συλλέχθηκαν και μελετήθηκαν βιολογικά δείγματα και δείγματα ενεργών θερμογενών τραβερτινικών αποθέσεων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων θερμών νερών από τις αντίστοιχες θέσεις (βλ. Αθανασούλης et al. 2016, Βακαλόπουλος et al. 2016).

Οι κύριοι στόχοι της μελέτης είναι:

- Αναγνώριση και καταγραφή των Κυανοβακτηρίων που διαβιούν στις συγκεκριμένες θερμές πηγές.
- Μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης των θερμογενών τραβερτινών.
- Διερεύνηση του πιθανού ρόλου των Κυανοβακτηρίων στη δημιουργία των θερμογενών τραβερτινών, μέσω διεργασιών βιο-ορυκτογένεσης.
- Αναγνώριση και καταγραφή των μικροοργανισμών που δρουν ως πρώτοι εποικιστές στις θερμές πηγές.
- Συσχέτιση των ορυκτολογικών, υδροχημικών και βιολογικών δεδομένων εστιάζοντας στη σύσταση των βιοκοινοτήτων των θερμών πηγών.

3.2. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Οι θερμές πηγές Αιδηψού, Γιάλτρων και Ηλίων, οι οποίες μελετήθηκαν στην Μεταπτυχιακή αυτή εργασία, ανήκουν στο ΒΔ τμήμα της Εύβοιας. Η θέση τους σημειώνεται στον γεωλογικό χάρτη της Βόρειας Εύβοιας (Απεικόνιση 2.1).

Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά τον Ιούνιο-Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 2015, με τη συνδρομή των Δρ. Βασιλικής Λαμπρινού και Δρ. Χρήστου Κανελλόπουλου.

Συνολικά μελετήθηκαν 29 δείγματα βιολογικού υλικού [15 δείγματα με πρωτοπόρους (pioneers) οργανισμούς από ένθετες διατάξεις και 14 δείγματα από φυσικό υλικό] και αντίστοιχα 14 δείγματα τραβερτίνη.

Αναλυτικότερα από την περιοχή των Λ. Αιδηψού ελήφθησαν 26 δείγματα βιολογικού υλικού (εκ των οποίων τα 14 ήταν πρωτοπόροι οργανισμοί) καθώς και 12 δείγματα τραβερτίνη.

Από την περιοχή των Ήλιων ελήφθη 1 δείγμα βιολογικού υλικού και 1 δείγμα τραβερτίνη.

Από την περιοχή των Γιάλτρων ελήφθησαν 1 δείγμα βιολογικού υλικού και 1 δείγμα τραβερτίνη.

Διαδικασία Δειγματοληψίας

Βάσει της βιβλιογραφίας (Κανελλόπουλος 2011) έγινε επιλογή 5 θερμών πηγών με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά από τις περιοχές Λ. Αιδηψού, Γιάλτρα και Ήλια. Στα πλαίσια της εν λόγω εργασία πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες.

Η πρώτη δειγματοληψία έγινε τον Ιούνιο-Αύγουστο 2015 και είχε ως κύριο στόχο τη συλλογή υλικού για την αναγνώριση και καταγραφή των μικροοργανισμών, οι οποίοι αποτελούν τους πρώτους εποικιστές (pioneers organisms) επί των οποίων ξεκινά η απόθεση του τραβερτίνη. Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκαν ειδικές διατάξεις με τη χρήση αποστειρωμένων γυάλινων αντικειμενοφόρων πλακών. Το υλικό (γεωλογικό και βιολογικό) που είχε εναποτεθεί στην επιφάνεια των διατάξεων, αφαιρέθηκε σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα μετά την τοποθέτηση και μέρος του τοποθετήθηκε σε υγρό διάλυμα BG11, ενώ ένα άλλο μέρος αποθηκεύτηκε σε δοχεία με υδατικό διάλυμα φορμόλης.

Η δεύτερη δειγματοληψία έγινε τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους (24/09-25/09), οπότε και πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στις ίδιες περιοχές και έγινε προσπάθεια ανεύρεσης των διατάξεων. Επιπλέον σε κάθε περιοχή έγινε συλλογή δείγματος από σημεία με εμφανή (διά γυμνού οφθαλμού) ανάπτυξη κυανοβακτηρίων. Σε επιλεγμένες πηγές πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε διαδοχικές θέσεις (τύπου προφίλ), με αρχική θέση δειγματοληψίας το σημείο ανάβλυσης, ενώ οι υπόλοιπες θέσεις είναι σε διαδοχικά μεγαλύτερες αποστάσεις από την πηγή, έτσι ώστε να υπάρχουν διαθέσιμα δείγματα από σημεία με διαφορετική θερμοκρασία, αλατότητα και άλλα υδροχημικά χαρακτηριστικά.

Σε όλες τις περιπτώσεις η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αποστειρωμένων εργαλείων όπως νυστέρι, λαβίδα, βελόνα κτλ. Μέρος του υλικού διατηρήθηκε σε υδατικό διάλυμα φορμόλης, ενώ το υπόλοιπο τοποθετήθηκε σε δοχεία με θρεπτικό BG11 για καλλιέργεια. Σημειώνεται ότι σε κάποιες θέσεις δειγματοληψίας, δεν κατέστη δυνατή η ανεύρεση των διατάξεων που είχαν τοποθετηθεί κατά την πρώτη δειγματοληψία.

Σε κάθε θέση έγινε ταυτόχρονη συλλογή δείγματος τραβερίνη για την ορυκτολογική μελέτη της απόθεσης μέσω αναλύσεων XRD.

3.3. ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Γέφυρα

Η πηγή αυτή ανήκει στην περιοχή Λουτρά Αιδηψού και από τη ροή της ελήφθησαν τα δείγματα A1 και A2. Δεν είναι γνωστή η ακριβής τοποθεσία της ανάβλυσης του νερού αλλά μόνον η ορατή της έξοδος διαμέσου τεχνητού φρεατίου (Απεικόνιση 3.1/ εικ. 1). Στη συγκεκριμένη περιοχή εντοπίζονται μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου.

Πιο συγκεκριμένα, συλλογή υλικού πραγματοποιήθηκε από την είσοδο του τεχνητού φρεατίου (θέση A1, Απεικόνιση 3.1/ εικ. 1), όπου το εισερχόμενο φως είναι περιορισμένο. Το δείγμα A2 συλλέχθηκε αρκετά μέτρα από την είσοδο του τεχνητού φρεατίου, από το κανάλι απορροής, στο οποίο είχαν τοποθετηθεί ένθετες διατάξεις (Ιούνιος 2015) και οι οποίες όπως φαίνεται και στην Απεικόνιση 3.1/ εικ. 2 είχαν καλυφθεί με απόθεση τραβερίνη.



Πλαίσιο Εικόνων 3.1 Δειγματοληπτικές θέσεις της θερμής πηγής «Γέφυρα». (1) Δειγματοληπτική θέση A1 όπου σημειώνονται τα ακριβή σημεία της δειγματοληψίας. (2) Δειγματοληπτική θέση A2 με κυκλωμένες τις τεχνητές διατάξεις καλυμμένες με τραβερτίνη.

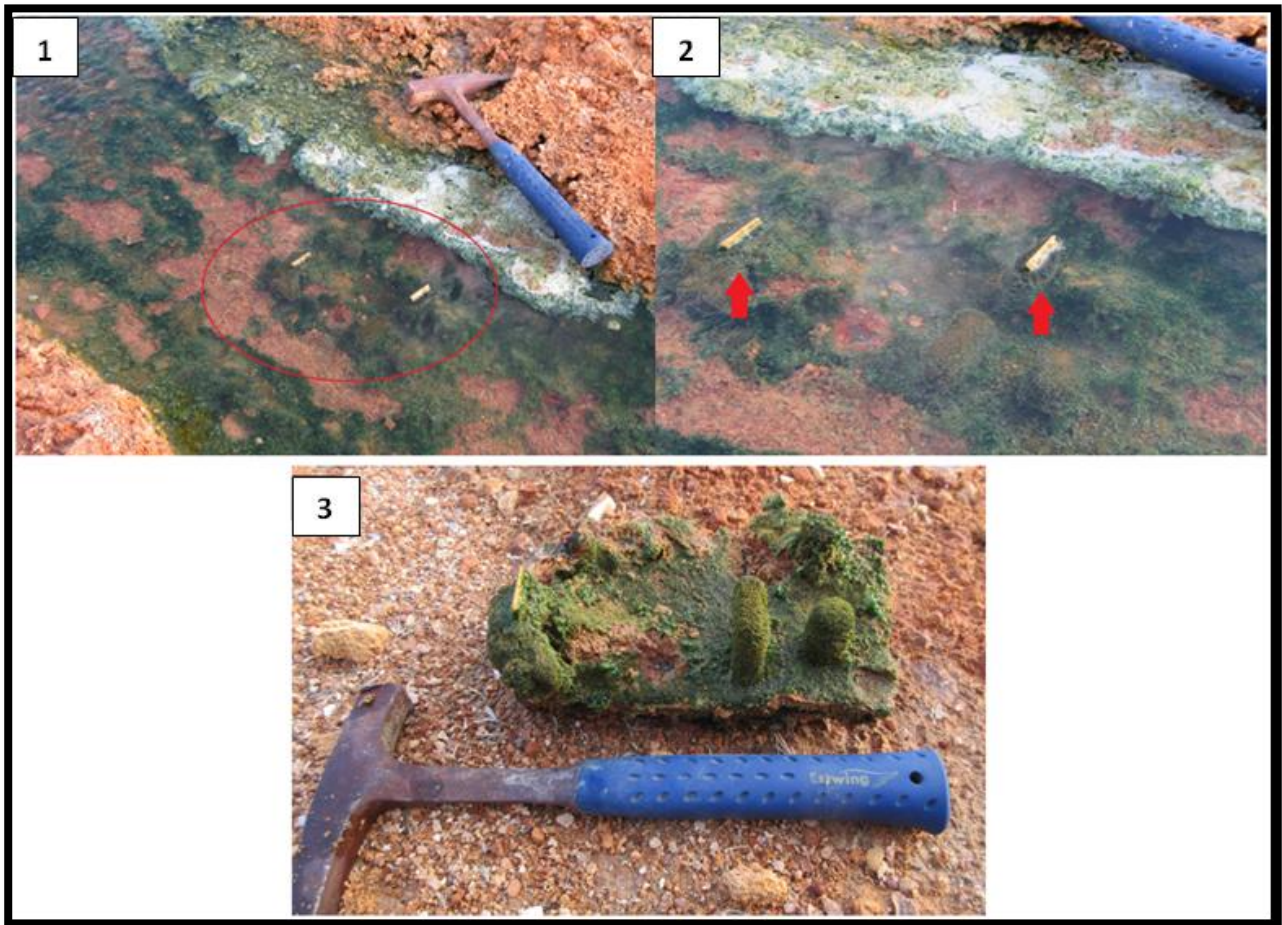
Πίνακας 1 Λεπτομέρειες και φυσικές παράμετροι των δειγματοληπτικών θέσεων A1 και A2 της πηγής «Γέφυρα».

Κωδικός Δείγματος	A1	A2
Ημ/νία Δειγματοληψίας	24/09/2015	
Τοποθεσία	Λουτρά Αιδηψού	
Αλατότητα Sal (‰)	29	24
Θερμοκρασία (°C) –	57,3	48,9
Χαρακτηρισμός πηγής	Υπέρθερμη	Μεσόθερμη
pH Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	6,63	7,39
Αγωγιμότητα Υπαίθρου (<i>in situ</i>) (μS/cm)	35.200	36.800

ΕΟΤ

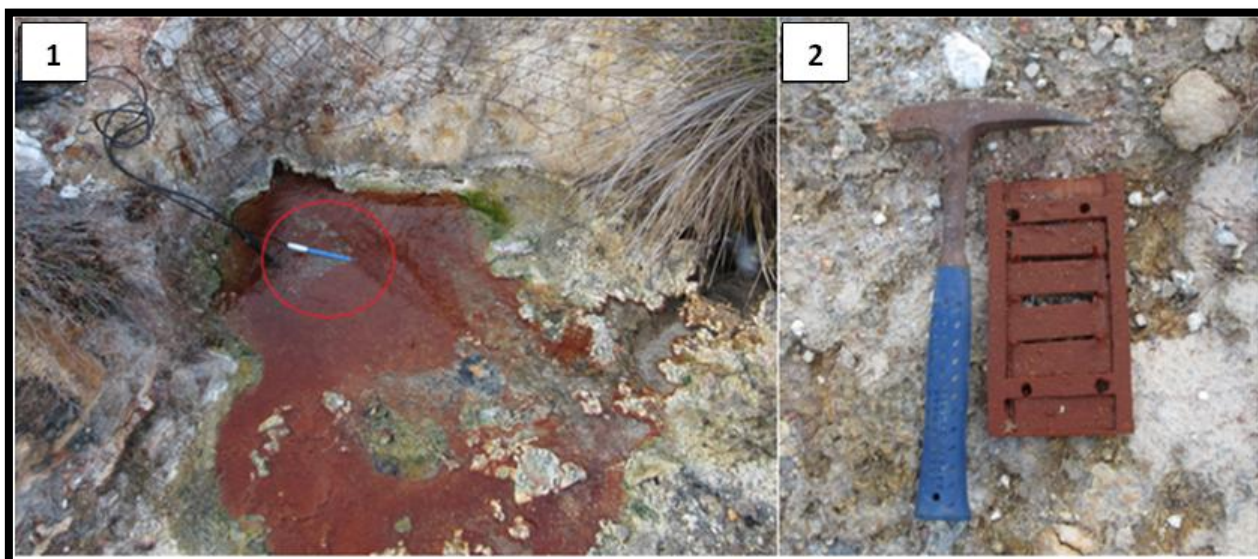
Οι πηγές του ΕΟΤ αναβλύζουν από παλαιότερους τραβερτίνες. Στην περιοχή αυτή έγινε συλλογή δύο δειγμάτων (ΕΙ και ΕΙΙ) από μία ανάβλυση και από ένα ρυάκι απορροής.

Στη θέση ΕΙ (Απεικόνιση 3.2) είχαν τοποθετηθεί διατάξεις τον Ιούνιο 2015, οι οποίες ανευρέθηκαν τον Σεπτέμβριο 2015 σχεδόν ολοκληρωτικά καλυμμένες από τραβερτίνη. Στην Απεικόνιση 3.2/εικ. 3 φαίνεται ο τραβερτίνης που έχει αποθεθεί στις αντικειμενοφόρους πλάκες.



Πλαίσιο Εικόνων 3.2 Δειγματοληπτική θέση της θερμής πηγής ΕΙ. (1-2) Ακριβής θέσης δειγματοληψίας όπου σημειώνονται οι τεχνητές διατάξεις εντός της ροής του νερού, (3) Τεχνητές διατάξεις καλυμμένες με αποθέσεις θερμογενούς τραβερτίνη.

Η θέση ΕΙΙ εντοπίζεται σε πηγή της περιοχής που παρουσιάζει συγκέντρωση Fe (έως 5 mg/L, Βακαλόπουλος et al. 2016, Απεικόνιση 3.3/εικ. 1). Από τη θέση αυτή επιπροσθέτως έγινε και ανάκτηση των διατάξεων που είχαν τοποθετηθεί τον Ιούνιο του 2015 (Απεικόνιση 3.3/εικ. 2).



Πλαίσιο Εικόνων 3.3 Δειγματοληπτική θέση της πηγής EII. (1) Εποπτική εικόνα της πηγής EII στην οποία φαίνεται η συγκέντρωση σιδήρου (κόκκινη απόχρωση νερών) και σημειώνεται η ακριβής θέση δειγματοληψίας, (2) Τεχνητές διατάξεις καλυμμένες με αποθέσεις σιδήρου.

Πίνακας 2 Λεπτομέρειες και φυσικές παράμετροι των δειγματοληπτικών θέσεων EΙ και EII στην περιοχή «ΕΟΤ».

Κωδικός Δείγματος	EΙ	EII
Ημ/νία Δειγματοληψίας	25/09/2015	
Τοποθεσία	Νταμάρια	
Αλατότητα Sal (‰)	26	25
Θερμοκρασία (°C) - Χαρακτηρισμός	54,2	61,9
pH Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	Υπέρθερμη	Υπέρθερμη
Αγωγιμότητα Υπαίθρου (<i>in situ</i>) (μS/cm)	6,55	6,00
	41.400	40.530

Καζίνο

Οι θέσεις με κωδικό 'Καζίνο' ανήκουν στην περιοχή των Λουτρών Αιδηψού.

Πιο συγκεκριμένα, οι θέσεις C1 και C2 εντοπίζονται στο κανάλι απορροής των θερμών πηγών του ΕΟΤ.

Το δείγμα C1 (Απεικόνιση 3.4/εικ. 1-2) συλλέχθηκε από το ανοιχτό μέρος του καναλιού απορροής, ενώ το δείγμα C2 από καλυμμένο με πέτρες (περιορισμένο εισερχόμενο φως) μέρος του καναλιού απορροής (Απεικόνιση 3.4/εικ. 3). Στη θέση C2 ανακτήθηκε και η διάταξη που είχε τοποθετηθεί τον Ιούνιο του 2015. Στις φωτογραφίες φαίνεται επίσης η δημιουργία στρώματος τραβερτίνη και οργανισμών σε ένα κομμάτι αποστειρωμένου πλαστικού που είχε τοποθετηθεί εντός της ροής (Απεικόνιση 3.4/εικ. 4).

Η θέση CW συνδέεται με σποραδικές μικρές αναβλύσεις από τραβερτινικό τοιχίο της περιοχής (Απεικόνιση 3.4/εικ. 5) με πλούσια ανάπτυξη κυανοβακτηρίων.



Πλαίσιο Εικόνων 3.4 Δειγματοληπτικές θέσεις της πηγής «Καζίνο». (1) Εποπτική εικόνα του καναλιού απορροής από όπου πραγματοποιήθηκε συλλογή του δείγματος C1. (2) Ακριβής δειγματοληπτική θέση C1. (3) Δειγματοληπτική θέση C2. (4)

Απόθεση θερμογενούς τραβερίνη και κυανοβακτηριακή ανάπτυξη σε κομμάτι αποστειρωμένου πλαστικού. (5) Αναβλύσεις και κυανοβακτηριακές αναπτύξεις επί τραβερτινικού τοιχίου (δειγματοληπτική θέση CW).

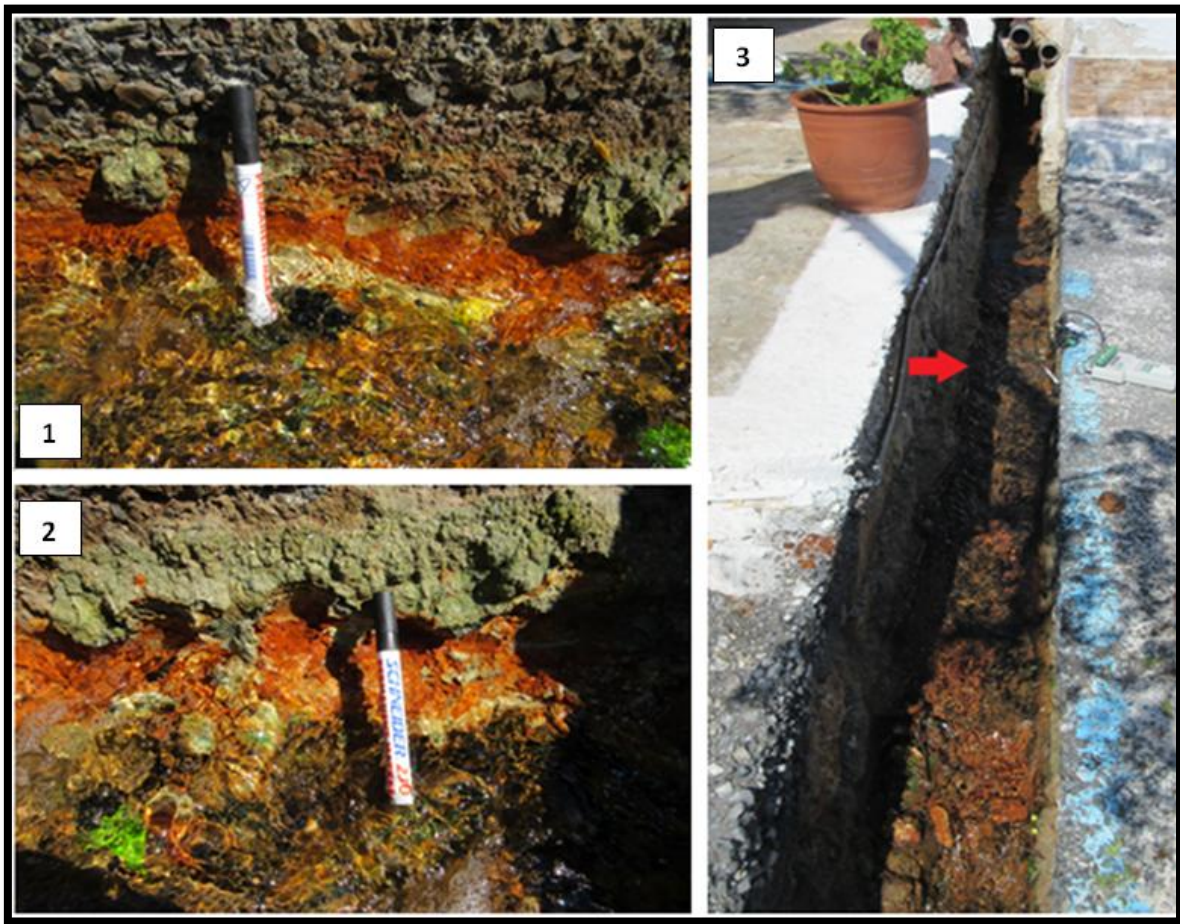
Πίνακας 3 Λεπτομέρειες και φυσικές παράμετροι των δειγματοληπτικών θέσεων C1, C2 και CW της πηγής «Καζίνο».

Κωδικός Δείγματος	C1	C2	CW
Ημ/νία	24/09/2015		
Δειγματοληψίας	Λουτρά Αιδηψού		
Τοποθεσία	Λουτρά Αιδηψού		
Αλατότητα Sal (‰)	26	25	14
Θερμοκρασία (°C) –	52,4	40,1	55,8
Χαρακτηρισμός	Υπέρθερμη	Μεσόθερμη	Υπέρθερμη
pH Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	7,16	7,26	6,34
Αγωγιμότητα Υπαίθρου (<i>in situ</i>) (μS/cm)	39.100	39.000	24.900

Γιάλτρα

Η πηγή αυτή εντοπίζεται στην περιοχή των Γιάλτρων και αναβλύζει από αλλούβιους Νεογενείς σχηματισμούς.

Στη συγκεκριμένη θέση δεν πραγματοποιήθηκε συλλογή δείγματος κοντά στην ανάβλυση εξ αιτίας της έλλειψης αναπτύξεων κυανοβακτηρίων. Δειγματοληψία έγινε στη θέση G εντός του καναλιού απορροής σε σημείο που διαπιστώθηκε εμφανής ανάπτυξη κυανοβακτηρίων (Απεικόνιση 3.5).



Πλαίσιο Εικόνων 3.5 Δειγματοληπτική θέση της θερμής πηγής «Γιάλτρα». (1-2) Ακριβής θέσης δειγματοληψίας G, (3) Εποπτική εικόνα της ροής της θερμής πηγής όπου σημειώνεται το σημείο δειγματοληψίας G.

Πίνακας 4 Λεπτομέρειες και φυσικές παράμετροι της δειγματοληπτικής θέσης G της πηγής «Γιάλτρα».

Κωδικός Δείγματος	G
Ημ/νία Δειγματοληψίας	24/09/2015
Τοποθεσία	Λουτρά Γιάλτρων
Αλατότητα Sal (‰)	35
Θερμοκρασία (°C) – Χαρακτηρισμός	42,1 – Μεσόθερμη
pH Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	6,64
Αγωγιμότητα Υπαίθρου (<i>in situ</i>) (μS/cm)	45.200

Ήλια

Η γεώτρηση εντοπίζεται στην περιοχή Ήλια και αναβλύζει από τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου (Απεικόνιση 3.6).

Καταλληλότερο σημείο για δειγματοληψία κρίθηκε το σημείο κατάληξης της ροής του θερμού νερού (βάση καταρράκτη), όπου ήταν ορατή η παρουσία κυανοβακτηρίων (δείγμα Ι, Απεικόνιση 3.6/ εικ. 3).



Πλαίσιο Εικόνων 3.6 Δειγματοληπτική θέση της θερμής πηγής «Ήλια». (1) Εποπτική εικόνα της θέσης «Ήλια», (2) Ανάβλυση της πηγής, (3) Κατάληξη ροής θερμού νερού όπου σημειώνεται η ακριβής θέση δειγματοληψίας Ι.

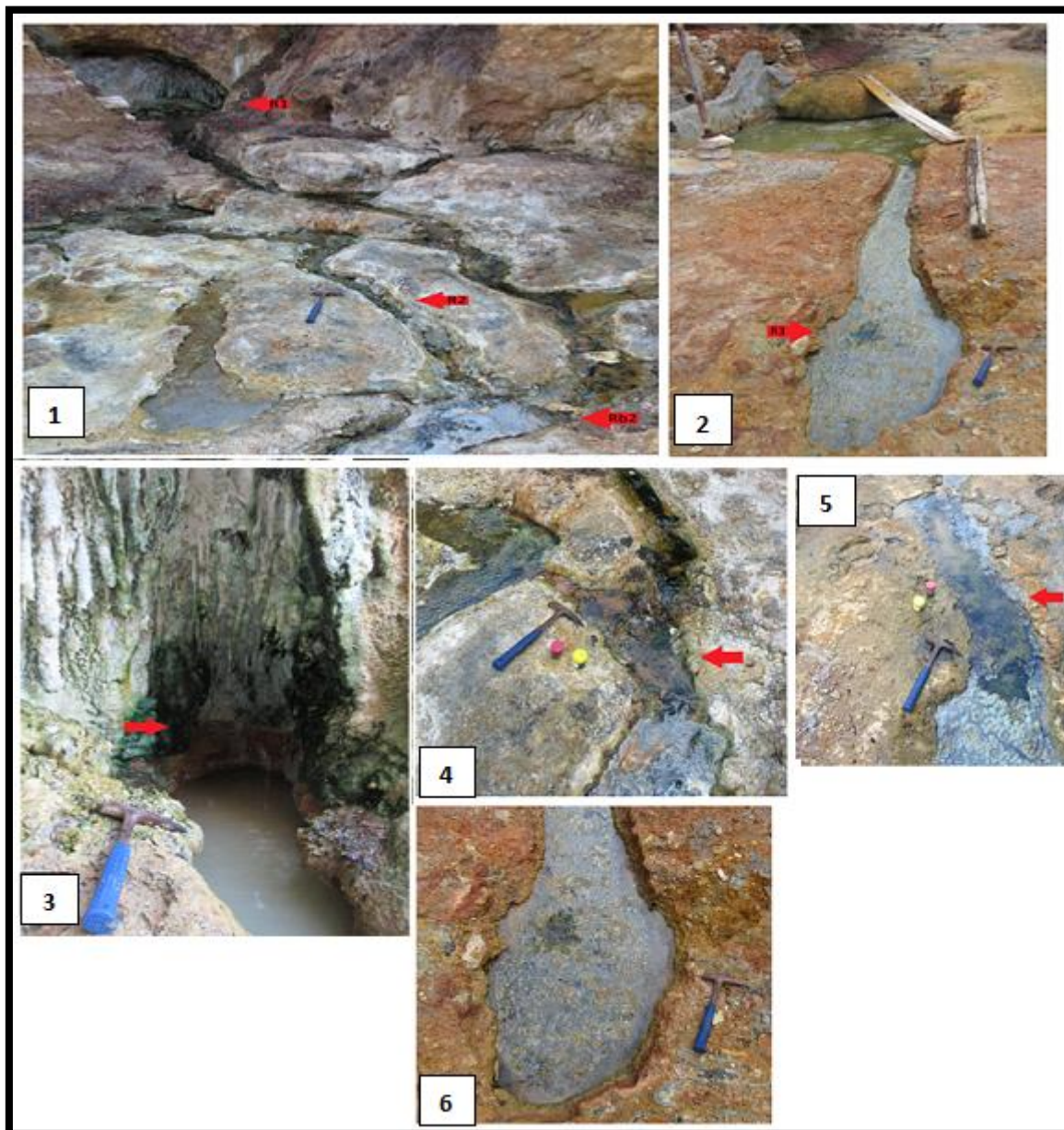
Πίνακας 5 Λεπτομέρειες και φυσικές παράμετροι της δειγματοληπτικής θέσης Ι της πηγής «Ήλια».

Κωδικός Δείγματος	I
Ημ/νία Δειγματοληψίας	24/09/2015
Τοποθεσία	Ήλια
Αλατότητα Sal (‰)	17
Θερμοκρασία (°C) – Χαρακτηρισμός	63,5 – Υπέρθερμη
pH Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	5,88
Αγωγιμότητα Υπαίθρου (<i>in situ</i>) (μS/cm)	29.800

Πλατάνια

Η πηγή αυτή εντοπίζεται στην περιοχή Πλατάνια εντός ενός μικρού σπηλαίου (Απεικόνιση 3.7) και αναβλύζει από υδροθερμικά εξαλλοιωμένα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου.

Το δείγμα R1 ελήφθη από τα πλαϊνά τοιχώματα του σπηλαίου (λιθωματικός διάκοσμος) και το δείγμα RS από τους σταλακτίτες του σπηλαίου (Απεικόνιση 3.7/εικ. 3). Όπως φαίνεται στις φωτογραφίες, η ροή συνεχίζει μέσα σε μικρά αυλάκια από τα οποία έγινε η συλλογή των δειγμάτων R2 και Rb2 (Απεικόνιση 3.7/εικ. 4-5). Τέλος, η θέση R3 εντοπίζεται στο σημείο όπου καταλήγει το κανάλι απορροής (Απεικόνιση 3.7/εικ. 6).



Πλαίσιο Εικόνων 3.7 Δειγματοληπτικές θέσεις της θερμής πηγής «Πλατάνια». (1-2) Εποπτική εικόνα της συνολικής ροής του νερού της θερμής πηγής «Πλατάνια», (3) Σημείο ανάβλυσης της πηγής εντός σπηλαίου και το βέλος υποδεικνύει τη θέση δειγματοληψίας R1, (4) Δειγματοληπτική θέση R2, (5) Δειγματοληπτική θέση Rb2, (3) Κατάληξη της ροής (δειγματοληπτική θέση R3).

Πίνακας 6 Λεπτομέρειες και φυσικές παράμετροι των δειγματοληπτικών θέσεων R1, R2, Rb2 και R3 της πηγής «Πλατάνια».

Κωδικός Δείγματος	R1	R2	Rb2	R3
Ημ/νία Δειγματοληψίας	25/09/2015			
Τοποθεσία	Πλατάνια			
Αλατότητα Sal (‰)	20	24	26	27

Θερμοκρασία (°C) -	49,2	43,1	37,9	37,2
Χαρακτηρισμός	Μεσόθερμη	Μεσόθερμη	Μεσόθερμη	Μεσόθερμη
pH Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	6,05	6,50	6,48	6,27
Αγωγιμότητα				
Υπαίθρου (<i>in situ</i>)	34.200	41.000	39.300	41.100
(μS/cm)				

Πίνακας 7 Αντιστοίχιση των πηγών με τους κωδικούς των δειγματοληπτικών θέσεων και τους κωδικούς των τεχνητών διατάξεων που είχαν τοποθετηθεί τον μήνα Ιούνιο (2015). Αναφορά του χρόνου παραμονής των τεχνητών διατάξεων στη ροή του νερού (σε ώρες) μέχρι τη συλλογή τους (Κωδικοί διατάξεων).

Πηγές	Κωδικοί Θέσεων	Κωδικοί Διατάξεων	Τοποθεσία	Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Χρόνος Παραμονής Διατάξεων (h)
Γέφυρα	A1	-	Λουτρά	24/09/2015	-
	A2	P6	Αιδηψού		119 - 202
Καζίνο	C1	P9 - P10	Λουτρά Αιδηψού	24/09/2015	48 - 48
	C2	P11 - P12			48 - 48
	CW	-			-
ΕΟΤ	EI	P1 - P14	Λουτρά Αιδηψού	25/09/2015	105 - 202
	EII	P7		118	
	-	P2		-	175
	-	P8		-	-
	-	P13		-	56
Γιάλτρα	G	-	Λουτρά Γιάλτρων	24/09/2015	-
Ήλια	I	-	Ήλια	24/09/2015	-
Πλατάνια	R1	P3 - P4	Λουτρά Αιδηψού	25/09/2015	191 - 191
	R2	-			-
	Rb2	-			-
	R3	P5			191
	RS	-			-

4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις δειγμάτων βιολογικού υλικού (κυανοβακτηρίων) και γεωλογικού υλικού (τραβερίνη). Συμπληρωματικά χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα χημικών αναλύσεων θερμού νερού από τις ίδιες θέσεις δειγματοληψίας (βλ. Αθανασούλης et al. 2016, Βακαλόπουλος et al. 2016).

Μέσω των καλλιεργειών είναι εφικτή η σύγκριση των ειδών κυανοβακτηρίων που αναπτύσσονται σε εργαστηριακές συνθήκες με εκείνα του φυσικού περιβάλλοντος. Επίσης επιτρέπεται η παρατήρηση όλων των σταδίων του κύκλου της ζωής των ειδών.

Ο εμβολιασμός έγινε στο πεδίο αλλά και στο εργαστήριο υπό αποστειρωμένες συνθήκες. Το υλικό καλλιεργήθηκε σε κωνικές φιάλες και τρυβλία με υγρό θρεπτικό διάλυμα. Η αναλυτική διαδικασία περιγράφεται στη συνέχεια.

Αρχικά παρασκευάστηκε υγρό θρεπτικό διάλυμα BG11 και BG₀11 σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Stanier et al. 1971, Πίνακας 8) και έγινε αποστείρωση κωνικών φιαλών και τρυβλίων. Στη συνέχεια αποστειρώθηκε το στόμιο της φιάλης του θρεπτικού σε φλόγα Bunsen και μεταφέρθηκε το θρεπτικό στις αποστειρωμένες φιάλες και τρυβλία. Πραγματοποιήθηκε εμβολιασμός, υπό αποστειρωμένες συνθήκες, με τη βοήθεια αποστειρωμένων λαβίδων και πιπέτας και έγινε αναγραφή των απαραίτητων πληροφοριών στο κάθε δοχείο.

Οι καλλιέργειες αναπτύχθηκαν σε δωμάτιο καλλιεργειών, υπό φυσική ακτινοβολία και σταθερή θερμοκρασία T= 24-25 °C.

Οι ανακαλλιέργειες είναι απαραίτητες για τη συντήρηση των δειγμάτων αλλά και ως προσπάθεια απομόνωσης ειδών που εμφανίζουν ταξινομικό ενδιαφέρον. Το απαραίτητο χρονικό διάστημα για τις ανακαλλιέργειες ήταν 15-30 ημέρες, ανάλογα με την ταχύτητα ανάπτυξης και τον κύκλο ζωής του κάθε είδους.

Πίνακας 8. Σύσταση του θρεπτικού μέσου καλλιεργειών BG11. Το BG011 που χρησιμοποιήθηκε είναι ίδιας σύστασης απουσία NaNO₃.

	Αποθεματικό Διάλυμα (g/100ml)	Θρεπτικό Διάλυμα (ml)
NaNO ₃	15	10
K ₂ HPO ₄ 3H ₂ O	0,4	10
MgSO ₄ 7H ₂ O	0,75	10
CaCl ₂ 2H ₂ O	0,36	10
Citric acid	0,06	10
Ferric ammonium citrate	0,06	10
EDTA	0,01	10
Na ₂ CO ₃	0,2	10
Ιχνοστοιχεία (Mironutrient solution)		1
Απεσταγμένο νερό		919

ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σε 1000ml απεσταγμένου νερού	g
H ₃ BO ₃	2,86
MnCl ₂ 7H ₂ O	1,81
ZnSO ₄ 7H ₂ O	0,222
NaMoO ₄ 2H ₂ O	0,39
CuSO ₄ 5H ₂ O	0,079
Co(NO ₃) ₂ 6H ₂ O	0,0494

4.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Καλλιέργειες Κυανοβακτηρίων *IN VITRO*

Όργανα-Αναλώσιμα:

- Αυτόκαυστο
- Κλίβανος
- Ζυγός
- Λύχνος Bunsen
- Κωνικές φιάλες
- Τρυβλία petri
- Αποστειρωμένες πιπέτες και λαβίδες

Θρεπτικά Μέσα:

- BG11 (Stanier et al. 1971)
- *BG₀11* (όμοια σύσταση με το BG11 χωρίς την προσθήκη NaNO₃)

Μικροσκοπία

Όργανα – Αναλώσιμα:

- Στερεοσκόπιο Stemi Zeiss, 2000C
- Φωτονικό μικροσκόπιο Photomicroscope III, Zeiss, Germany
- Φωτογραφικός εξοπλισμός μικροσκοπίου (Infinity Lite B – Lumenera)
- Λειτουργικό σύστημα φωτογράφισης (Infinity Analyze και Infinity Capture – Lumenera)
- Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης, SEM Jeol JSM 5600
- Συσκευή κρίσιμου σημείου, CPD Balzers
- Αντικειμενοφόροι, καλυπτρίδες
- Διάλυμα Pereny (10% HNO₃, 0.5% Cr₂O₃, 95% C₂H₅OH - 4:3:3)
- Υδατικά διαλύματα αιθανόλης διαφορετικών συγκεντρώσεων
- Ακετόνη
- Πλάκα χρυσού (για επικάλυψη των δειγμάτων στο SEM)

Φωτονική Μικροσκοπία

Για τον ταξινομικό προσδιορισμό των ειδών, παρατηρήθηκε στο φωτονικό μικροσκόπιο τόσο φυσικό υλικό όσο και υλικό καλλιεργειών. Ο προσδιορισμός έγινε βάσει των μορφολογικών χαρακτηριστικών που παρατηρήθηκαν στο μικροσκόπιο και με τη βοήθεια των κάτωθι κλασικών βιβλίων καθώς και πληθώρας ταξινομικών δημοσιεύσεων:

- Komárek J. & Anagnostidis K. (1999). *Cyanoprokaryota, Part 1: Chroococcales*, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 19/1.
- Komárek J. & Anagnostidis K. (2005). *Cyanoprokaryota: Part 2: Oscillatoriales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 19/2.
- Komárek J. (2013). *Cyanoprokaryota, Part 3: Heterocytous genera*. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 19/3.

Οι μετρήσεις των μορφολογικών χαρακτηριστικών των ειδών καθώς και η φωτογράφιση αυτών έγιναν με το λογισμικό Infinity Analyze και Infinity Capture της κατασκευάστριας εταιρείας της κάμερας του μικροσκοπίου, Lumenera.

Για την παρατήρηση ενδολιθικών ειδών, προηγήθηκε διάλυση του γεωλογικού υποστρώματος με διάλυμα Pereny.

Στο στερεοσκόπιο παρατηρήθηκε η κάθετη κατανομή των οργανισμών στο γεωλογικό υπόστρωμα (στρωμάτωση).

Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης

Η προετοιμασία των δειγμάτων έγινε με τοποθέτηση τμήματος του φυσικού υλικού σε αυξανόμενες συγκεντρώσεις διαλύματος αιθυλικής αλκοόλης από 10% έως 100%, όπου το δείγμα παρέμεινε για 30 λεπτά. Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετήθηκε σε διάλυμα ακετόνης 100% για 30 λεπτά ακόμα. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε με τη χρήση συσκευής κρίσιμου σημείου (CPD Balzers). Τα δείγματα προσκολλήθηκαν σε ειδικούς φορείς και στη συνέχεια επικαλύφθηκαν με χρυσό και παρατηρήθηκαν στο SEM του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α.

4.3. ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΩΝ

Ορυκτολογικές αναλύσεις Περιθλασιμετρίας Ακτινών Χ (XRD)

Οι αναλύσεις περιθλασιμετρίας ακτινών Χ πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, του Ε.Κ.Π.Α. Για την προετοιμασία των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε κονιοποίηση των δειγμάτων με αχάτινο γουδί. Χρησιμοποιήθηκε το περιθλασίμετρο ακτινών Χ, της SIEMENS μοντέλο D-500 με λυχνία Cu και μονοχρωμάτορα γραφίτη. Για την αποτίμηση των ακτινογραφημάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Eva ver. 10.0 της Bruker.

Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης

Πραγματοποιήθηκε μελέτη των μικρο-δομών του τραβερτίνη, χρησιμοποιώντας ηλεκτρονική μικροσκοπία (βλ. κεφ. 4.2). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο SEM του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, του Ε.Κ.Π.Α.

4.4. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΘΕΡΜΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Από τις θέσεις δειγματοληψίας, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία των θερμών υδάτων και υδροχημική τους ανάλυση από το Ι.Γ.Μ.Ε./ΔΙ.ΓΕ.ΘΜ.Υ. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών παρουσιάζονται στις παρακάτω μελέτες:

- Αθανασούλης Κ., Βουγιουκαλάκης Γ., Ξενάκης Μ., Καβούρη Κ., Κανελλόπουλος Χ., Χριστοπούλου Μ., Σταθά Φ., Ρηγόπουλος Π., Σπαγάκος Ν., Τσίγκα Θ., Παπαδάτου Μ., 2016. «Διαχρονική παρακολούθηση ιαματικών πηγών και γεωθερμικών πεδίων της χώρας», Ι.Γ.Μ.Ε., ΕΣΠΑ 2007-2013 / Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» / Έργο «Αποτίμηση γεωθερμικού ενεργειακού δυναμικού σε επιλεγμένες περιοχές για περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δυναμικού θερμομεταλλικών υδάτων και ιαματικών φυσικών πόρων (ΓΕΩΘΕΝ)», Αθήνα.
- Βακαλόπουλος, Π., Ξενάκης, Μ., Βουγιουκαλάκης, Γ., Κανελλόπουλος, Χ., Χριστοπούλου, Μ., Σταθά, Φ., 2016. Γεωθερμική διερεύνηση για μέση – υψηλή ενθαλπία Αιδηψού. Ι.Γ.Μ.Ε., ΕΣΠΑ 2007-2013 / Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» / Έργο «Αποτίμηση γεωθερμικού ενεργειακού δυναμικού σε επιλεγμένες περιοχές για περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δυναμικού θερμομεταλλικών υδάτων και ιαματικών φυσικών πόρων (ΓΕΩΘΕΝ)», Αθήνα.

4.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για την επεξεργασία και απεικόνιση των χλωριδικών αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Excel. Πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των καταγραφέντων ειδών ανά θέση δειγματοληψίας και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν γραφήματα (pie-charts) με ποσοστό εμφάνισης της κάθε τάξης στην κάθε δειγματοληπτική θέση. Η επεξεργασία αυτή είχε ως σκοπό την απόδοση μιας εποπτικής εικόνας για τη σύσταση των κυανοβακτηριακών κοινοτήτων του κάθε σταθμού δειγματοληψίας.

Για τη δημιουργία των οικολογικών γραφημάτων έγινε χρήση του λογισμικού Primer 6 / Permanova. Έγινε χρήση των δεδομένων μόνο της πρώτης δειγματοληπτικής θέσης κάθε ροής (πηγή) ώστε τα δεδομένα να είναι συγκρίσιμα.

Πραγματοποιήθηκε κανονικοποίηση (Standardise by total) στα δεδομένα των χημικών αναλύσεων. Έπειτα δημιουργήθηκε ένας Κάτω Τριγωνικός Πίνακας Ομοιότητας (Lower Triangle Resemblance Matrix) των δειγματοληπτικών θέσεων με τη χρήση του δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis, όπου εμφανίζεται το ποσοστό ομοιότητας ανά ζεύγος θέσεων με βάση τον επιλεγμένο παράγοντα (χημικά, βιολογικά ή γεωλογικά δεδομένα).

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε Διάγραμμα Πολυδιάστατης Κλιμάκωσης (Multidimensional Scaling – MDS) με minimum stress 0,01, με τη χρήση των ταξινομικών δεδομένων (παρουσία-απουσία ειδών). Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει σχέσεις μεταξύ των θέσεων βασιζόμενο σε συντελεστές ομοιότητας. Είναι ένα διάγραμμα δύο διαστάσεων το οποίο παρουσιάζει σχηματικά το πόσο διαφέρουν ή ομοιάζουν οι θέσεις μεταξύ τους με βάση τα είδη των κυανοβακτηρίων που αναγνωρίστηκαν σε κάθε θέση.

Για τη γραφική αναπαράσταση των ορυκτολογικών και χημικών δεδομένων, δημιουργήθηκε διάγραμμα Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών (Principle Component Analysis – PCA). Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει σε ένα σύστημα τριών διαστάσεων, τις σχέσεις μεταξύ των θέσεων καθώς και τον παράγοντα ο οποίος επηρεάζει περισσότερο τη θέση αυτή. Στην ουσία δίνει πληροφορίες σχετικά με το ποιές θέσεις διαφέρουν ή ομοιάζουν αλλά και σε ποιον παράγοντα οφείλεται η σχέση αυτή. Για το ορυκτολογικό γράφημα επιλέχθηκαν 5 παράμετροι (ορυκτά – ασβεστίτης, αραγωνίτης, γύψος, υαλίτης, φερρουδρίτης) τα οποία αποτελούν απόθεση των θερμών πηγών. Για

το γράφημα του χημισμού εισήχθησαν 28 παράμετροι (χημικά στοιχεία, αλατότητα, θερμοκρασία, pH, αγωγιμότητα).

Σκοπός της δημιουργία των διαγραμμάτων αυτών είναι η διαπίστωση συσχετίσεων ανάμεσα στα γεωλογικά, βιολογικά και χημικά δεδομένα. Μεταβάλλοντας τα δεδομένα των γραφημάτων δημιουργούνται νέες ομαδοποιήσεις των θέσεων με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η σύγκριση και ο συσχετισμός των διαφορετικών παραμέτρων που έχουν μετρηθεί σε κάθε θέση.

Τέλος, δημιουργήθηκε πίνακας με ποσοστά ανομοιότητας ανά ζεύγος θέσεων και με το ποσοστό συνεισφοράς του κάθε είδος στην ανομοιότητα αυτή. Ο πίνακας αυτός δημιουργήθηκε με τη χρήση One-Way SIMPER Analysis, όπου εισήχθησαν τα ταξινομικά δεδομένα (παρουσία-απουσία ειδών) και πραγματοποιήθηκε σύγκριση τους με τη χρήση του δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis. Σκοπός της ανάλυσης αυτής είναι ο προσδιορισμός των ειδών που έχουν μεγαλύτερο ρόλο στο παρατηρούμενο πρότυπο ομοιότητας.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. ΧΛΩΡΙΔΙΚΑ

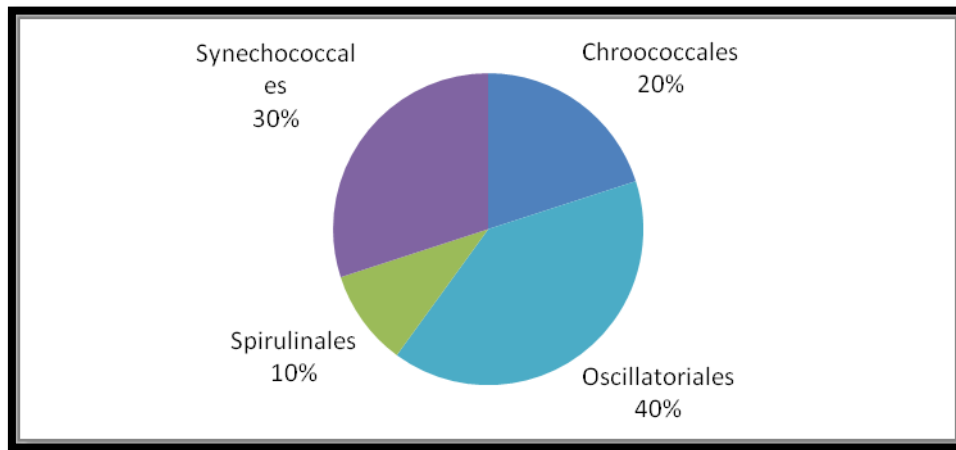
Για την αποτύπωση των χλωριδικών αποτελεσμάτων δημιουργήθηκαν διαγράμματα (pie-charts) με βάση τις διαφορετικές τάξεις Κυανοβακτηρίων που αναγνωρίστηκαν από κάθε περιοχή και το πλήθος των ειδών από κάθε τάξη.

Ο προσδιορισμός των ειδών κυανοβακτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των διαγραμμάτων αυτών έγινε σύμφωνα με το τελευταίο σύστημα ταξινόμησης (Komarek et al. 2014) όπου οι τάξεις των Κυανοβακτηρίων είναι οι εξής οκτώ (8): Gleobacterales, Synechococcales, Spirulinales, Chroococcales, Pleurocapsales, Chroococciopsidales, Oscillatoriales και Nostocales.

Δημιουργήθηκε ένα συνολικό διάγραμμα για τους πρωτοπόρους (pioneers) οργανισμούς όλων των θέσεων. Επίσης δημιουργήθηκαν ανάλογα γραφήματα για κάθε δειγματοληπτική θέση ξεχωριστά αλλά και ένα αθροιστικό για ολόκληρη τη ροή της κάθε πηγής.

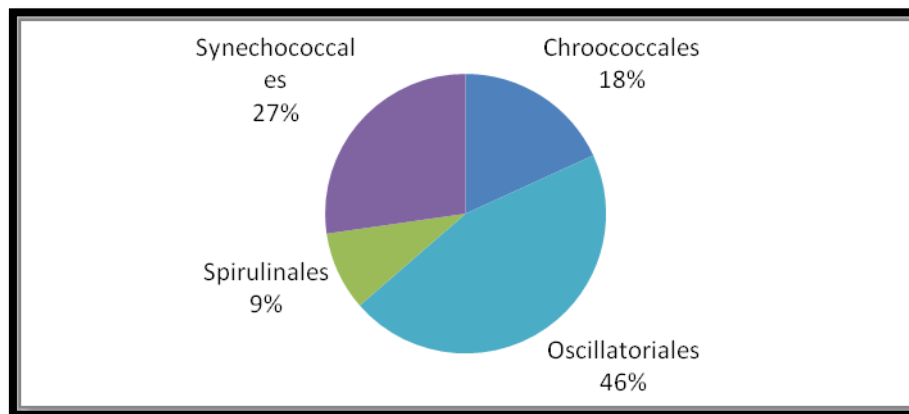
Γέφυρα

Το διάγραμμα (Απεικόνιση 5.1) που παρουσιάζει συνολικά τα ποσοστά εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στην εν λόγω θερμοπηγή, ομοιάζει όπως είναι αναμενόμενο με τα διαγράμματα των επί μέρους θέσεων A1 και A2 (Απεικόνιση 5.2 και 5.3). Η αλατότητα δεν φαίνεται να διαφέρει πολύ στις δύο θέσεις (29 psu A1 και 24 psu A2) αλλά η θερμοκρασία παρουσιάζει μια διαφοροποίηση της τάξεως των 9 βαθμών Κελσίου (57,3 °C A1 και 48,9 °C A2), κάτι το οποίο κατατάσσει τη θέση A1 ως υπέρθερμη ενώ την A2 ως μεσόθερμη.



Εικόνα 5.1 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στην πηγή «Γέφυρα» (δειγματοληπτικές θέσεις A1 και A2).

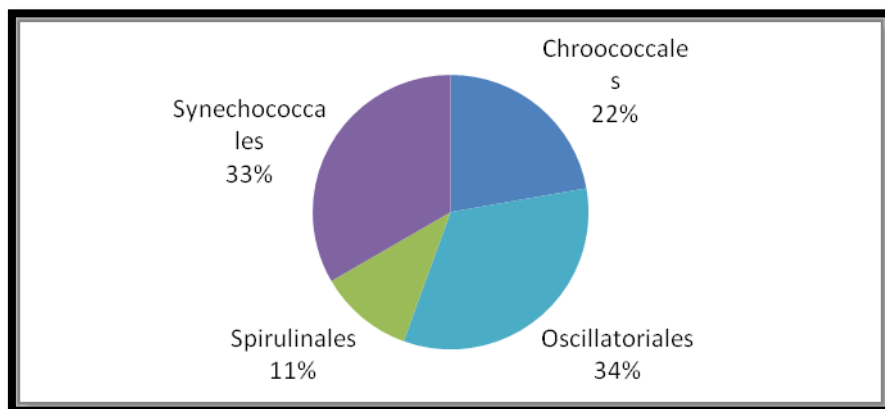
Η θέση A1 χαρακτηρίζεται ως υπέρθερμη διότι εκεί μετρήθηκε θερμοκρασία 57,3 °C, ενώ παρατηρείται και υψηλή αλατότητα (29 psu). Παρατηρούμε ότι τα Oscillatoriales κυριαρχούν με 46% εμφάνιση, ενώ τα Synechococcales ακολουθούν με ποσοστό 27%. Με μικρότερη διαφορά ακολουθούν τα Chroococcales με ποσοστό 18%, ενώ τελευταία σε εμφάνιση έρχονται τα Spirulinales με ποσοστό μόλις 9% (Απεικόνιση 5.2).



Εικόνα 5.2 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση A1.

Η θέση A2 χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμη με θερμοκρασία 48,9 °C και η αλατότητά της φτάνει τις 24 psu. Παρατηρούμε (Απεικόνιση 5.3) ότι γενικά η ποσοτική κατανομή ακολουθεί αυτή της A1 θέσης με τις διαφορές των ποσοστών αρκετά μικρότερες, δηλαδή οι εμφανίσεις των διαφορετικών τάξεων είναι αρκετά πιο ισοκατανεμημένες. Η πρώτη σε εμφανίσεις τάξη είναι εκ

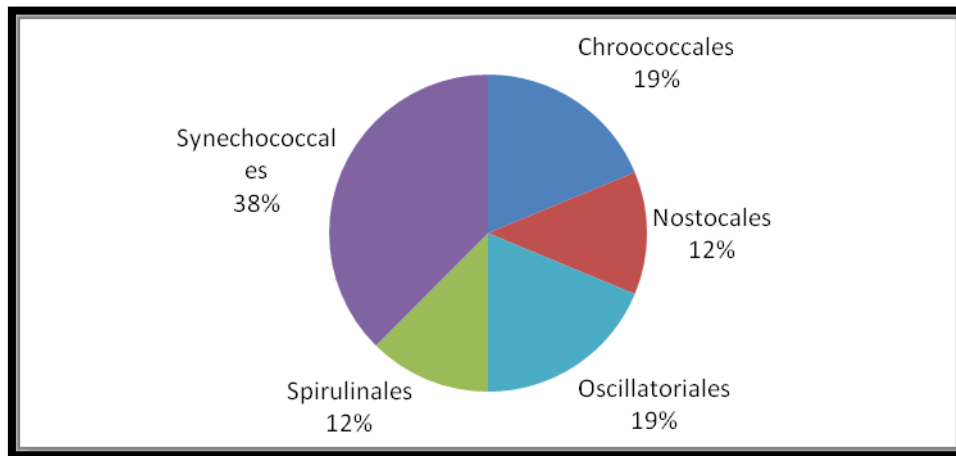
νέου η Oscillatoriales με ποσοστό 34%, ενώ η τάξη Synechococcales είναι και πάλι δεύτερη αλλά με διαφορά μόλις 1% από την προηγούμενη. Επίσης η τάξη Chroococcales ακολουθεί με ποσοστό 22% και τέλος η Spirulinales με 11%. Γενικά βλέπουμε αρκετά μειωμένες τις διαφορές μεταξύ των τάξεων κάτι το οποίο υποδεικνύει μεγαλύτερη ισοκατανομή, η οποία μπορεί να οφείλεται στις πιο ήπιες συνθήκες που επικρατούν στη θέση A2 σε σχέση με τη A1.



Εικόνα 5.3 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση A2.

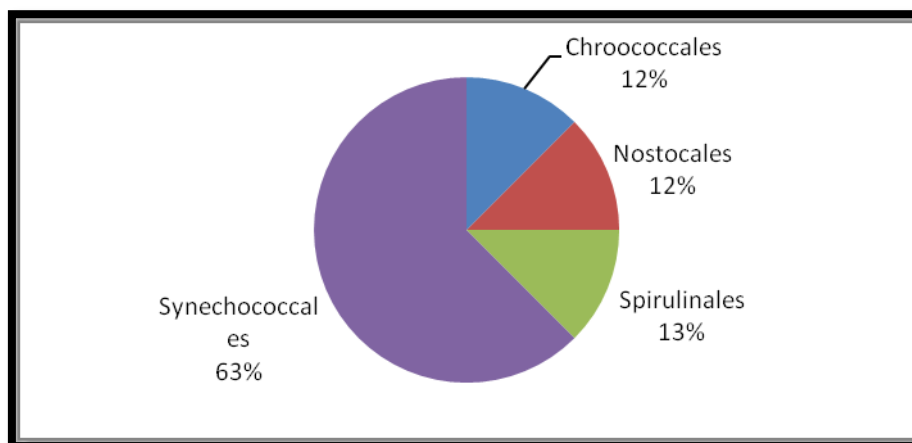
Καζίνο

Για τη δημιουργία του συνολικού γραφήματος (Απεικόνιση 5.4) της τοποθεσίας Καζίνο ελήφθησαν υπόψη μόνο οι δειγματοληπτικές θέσεις C1 και C2, διότι τα δείγματα της θέσης CW3 έχουν συλλεγεί από την επιφάνεια τοίχου από τον οποίο παρατηρήθηκε ανάβλυση νερού, οπότε η θέση αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στη ροή της ίδιας ανάβλυσης. Τα γραφήματα των δύο θέσεων της τοποθεσίας Καζίνο ενώ ομοιάζουν σε ποσοστά όσον αφορά στις τάξεις Nostocales και Spirulinales, διαφέρουν πολύ όσον αφορά στις κυρίαρχες τάξεις σε κάθε περιοχή. Στη θέση C2 (Απεικόνιση 5.6) κυρίαρχη τάξη είναι η Oscillatoriales, η οποία στη θέση C1 (Απεικόνιση 5.5) απουσιάζει τελείως. Αντιστοίχως στη θέση C1 κυρίαρχη τάξη είναι η Synechococcales με ποσοστό 63%, η οποία στη θέση C2 εμφανίζεται στην τρίτη θέση μαζί με την τάξη Spirulinales με ποσοστό μόλις 13%. Οι διαφορές αυτές διαμορφώνουν αντιστοίχως το τελικό γράφημα, το οποίο ομοιάζει με τα γραφήματα των θέσεων ως προς τις τάξεις που δεν μεταβάλλονται ιδιαίτερα αλλά διαφέρει ως προς τις κυρίαρχες τάξεις. Ως γενική εικόνα λοιπόν της περιοχής Καζίνο φαίνεται ότι κυριαρχεί η τάξη Synechococcales με ποσοστό 38%, ενώ ακολουθούν οι τάξεις Oscillatoriales και Chroococcales με ποσοστό 19%. Τελευταίες σε ποσοστά εμφάνισης είναι οι τάξεις Nostocales και Spirulinales με ποσοστό 12%.



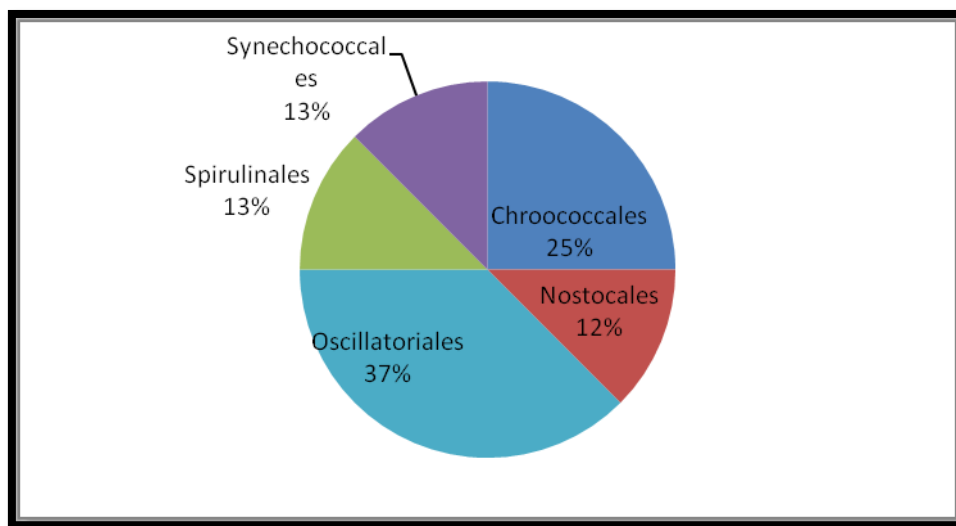
Εικόνα 5.4 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στην πηγή «Καζίνο» (δειγματοληπτικές θέσεις C1 και C2).

Η θέση C1 χαρακτηρίζεται ως υπέρθερμη με θερμοκρασία 52,4 °C και με αλατότητα 26 psu. Η τάξη Oscillatoriales απουσιάζει από τη θέση αυτή ενώ η τάξη Synechococcales κυριαρχεί με ποσοστό 63% (Απεικόνιση 5.5). Οι τρεις υπόλοιπες τάξεις είναι σχεδόν ισοδύναμες, με την τάξη Spirulinales να εμφανίζεται με ποσοστό 13%, και οι τάξεις Nostocales και Chroococcales να ακολουθούν με ποσοστό 12%. Από το γράφημα φαίνεται ότι η τάξη Synechococcales προσαρμόζεται καλύτερα σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και αλατότητας με αποτέλεσμα να κυριαρχεί στην περιοχή, ενώ οι εμφανίσεις των υπόλοιπων τάξεων είναι αρκετά περιορισμένες με την τάξη Oscillatoriales να απουσιάζει τελείως.



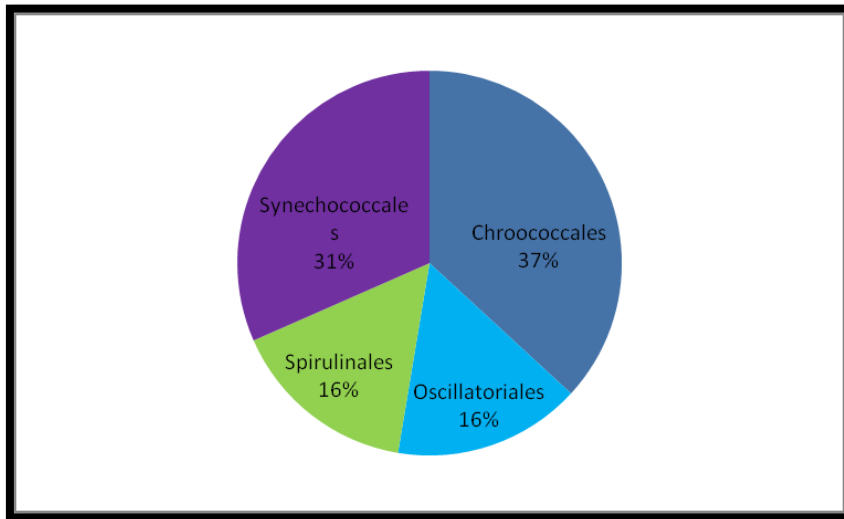
Εικόνα 5.5 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση C1.

Η θέση C2 χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμη με θερμοκρασία 40,1 °C, η δε αλατότητα εκεί μετρήθηκε ως 25 psu. Η τάξη Oscillatoriales όχι μόνο είναι παρούσα στη θέση αυτή αλλά είναι και η κυρίαρχη με ποσοστό 37% (Απεικόνιση 5.6), κάτι το οποίο μπορεί να οφείλεται στη μείωση της θερμοκρασίας σε σχέση με τη θέση C1. Η τάξη που ακολουθεί είναι η Chroococcales με ποσοστό 25%, ενώ οι υπόλοιπες τρεις τάξεις έχουν σχεδόν ίδια ποσοστά (Spirulinales 13%, Synechococcales 13%, Nostocales 12%).



Εικόνα 5.6 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση C2.

Το δείγμα της θέσης CW αποτελείται από αναπτύξεις κυανοβακτηρίων οι οποίες συλλέχθηκαν κατά μήκος ενός τοίχου από τον οποίο ανέβλυζε νερό. Η θέση CW χαρακτηρίζεται ως υπέρθερμη με θερμοκρασία 55,8 °C και με αλατότητα αρκετά μειωμένη (14 psu). Επίσης διαπιστώθηκε αυξημένη συγκέντρωση θείου (638 mg/l). Στη θέση αυτή παρατηρήθηκαν αντιπρόσωποι από 4 διαφορετικές τάξεις (Απεικόνιση 5.7), οι οποίες εμφανίζονται με παραπλήσια ποσοστά στο παρακάτω γράφημα. Η τάξη Chroococcales έχει ποσοστό 37% ενώ οι Synechococcales ακολουθούν με ποσοστό 31%. Οι τάξεις Spirulinales και Oscillatoriales εμφανίζουν το ίδιο ποσοστό (16%). Εξ αιτίας του ότι η θέση αυτή δεν είναι μέρος της ροής της πηγής, δεν ελήφθη υπόψιν στη δημιουργία του συνολικού γραφήματος των θέσεων της πηγής Καζίνο.

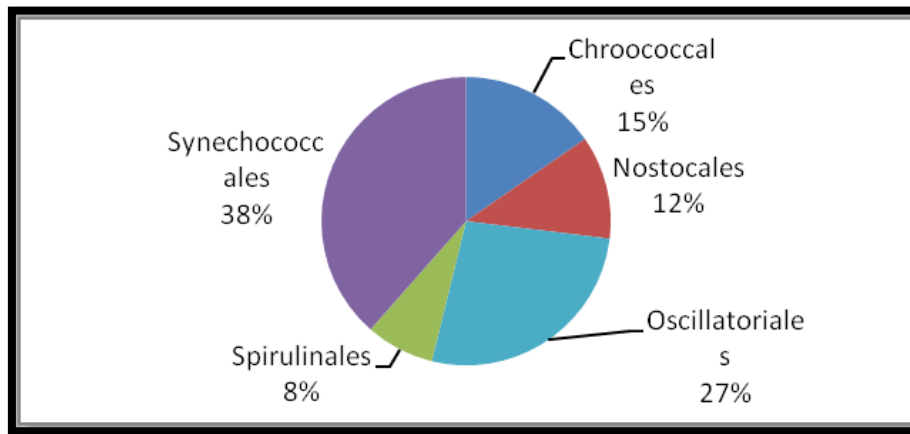


Εικόνα 5.7 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση CW.

EOT

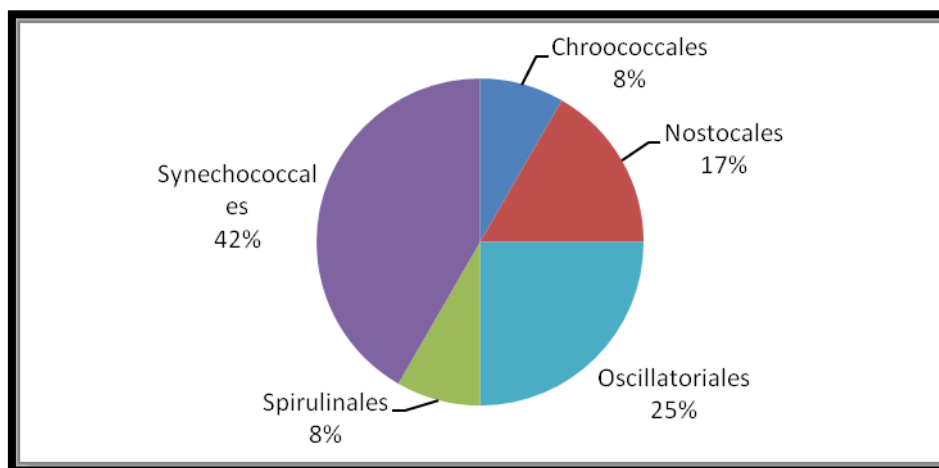
Τα γραφήματα (Απεικόνιση 5.9 και 5.10) των θέσεων του EOT είναι αρκετά όμοια μεταξύ τους με αποτέλεσμα και το συνολικό γράφημα (Απεικόνιση 5.8) να μη διαφέρει ιδιαίτερος σε σχέση με αυτά των επιμέρους θέσεων. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι και οι δύο θέσεις δειγματοληψίας χαρακτηρίζονται ως υπέρθερμες ($54,2^{\circ}\text{C}$ EI και $61,9^{\circ}\text{C}$ EII), ενώ και η αλατότητα διαφέρει μόνο κατά μία μονάδα (26 psu EI και 25 psu EII). Στην περίπτωση του EOT οι δύο θέσεις δειγματοληψίας δεν προέρχονται από την ίδια πηγή, ανήκουν όμως στο ίδιο σύστημα πηγών της περιοχής και ως εκ τούτου ομοιάζουν αρκετά τόσο ως προς τους περιβαλλοντικούς παράγοντες όσο και ως προς τη βιοποικιλότητα σε επίπεδο τάξης.

Στην περιοχή φαίνεται να κυριαρχεί η τάξη Synechococcales, ενώ ακολουθεί η τάξη Oscillatoriales με ποσοστά 38% και 27% αντιστοίχως. Οι επόμενες δύο τάξεις φαίνεται να έχουν μικρή απόκλιση μεταξύ τους, με την Chroococcales να εμφανίζεται με ποσοστό 15% ενώ η Nostocales με 12%. Τελευταία εμφανίζεται η τάξη Spirulinales με ποσοστό 8%.



Εικόνα 5.8 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στις πηγές του «ΕΟΤ» (δειγματοληπτικές θέσεις E1 και E11).

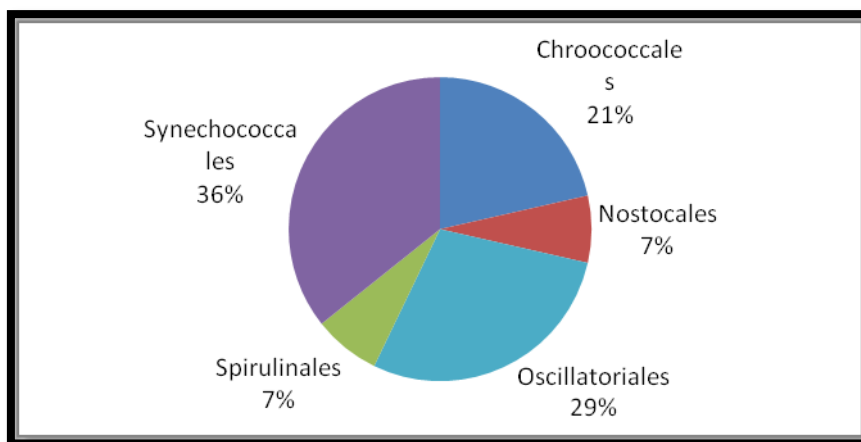
Η θέση E1 χαρακτηρίζεται ως υπέρθερμη με θερμοκρασία 54,2 °C και αλατότητα 26 psu. Παρά την υψηλή αλατότητα και θερμοκρασία στη θέση αυτή παρατηρήθηκαν αντιπρόσωποι από 5 διαφορετικές τάξεις (Απεικόνιση 5.9), με την τάξη Synechococcales να κυριαρχεί με ποσοστό 42%. Ακολουθούν οι τάξεις Oscillatoriales και Nostocales με ποσοστά 25% και 17% αντιστοίχως, ενώ τις λιγότερες εμφανίσεις είχαν οι τάξεις Chroococcales και Spirulinales αμφότερες με ποσοστό 8%.



Εικόνα 5.9 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση E1.

Η θέση E11 χαρακτηρίζεται επίσης ως υπέρθερμη με θερμοκρασία 61,9 °C και αλατότητα 25 psu. Ομοιάζει πάρα πολύ με τη θέση E1 τόσο ως προς τη θερμοκρασία και την αλατότητα όσο και ως προς το γράφημα των τάξεων.

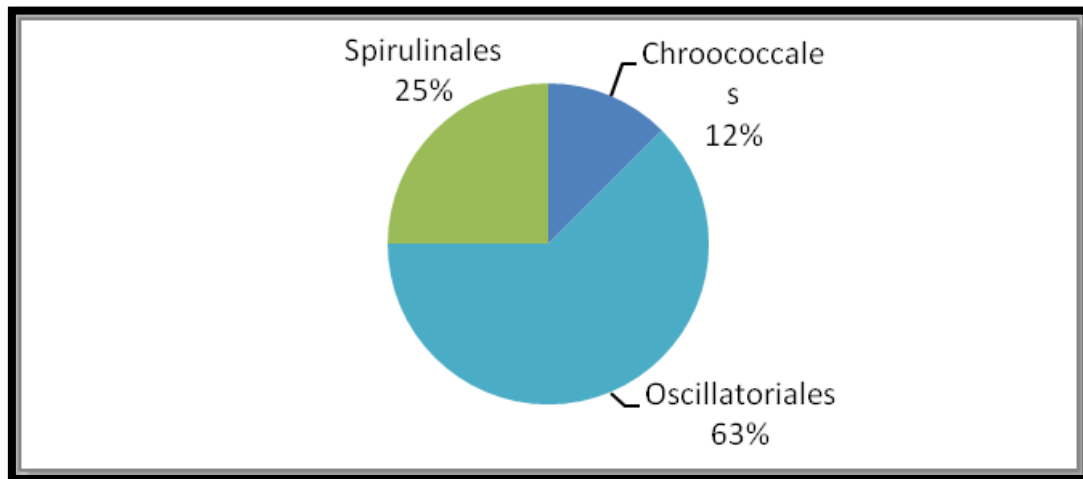
Η τάξη Synechococcales κυριαρχεί με ποσοστό 36% (Απεικόνιση 5.10). Στην περίπτωση της θέσης EII, οι τάξεις που ακολουθούν είναι οι Oscillatoriales και Chroococcales με ποσοστά 29% και 21% αντιστοίχως. Τέλος με ίδιο ποσοστό (7%) εμφανίζονται οι τάξεις Nostocales και Spirulinales.



Εικόνα 5.10 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση EII.

Γιάλτρα

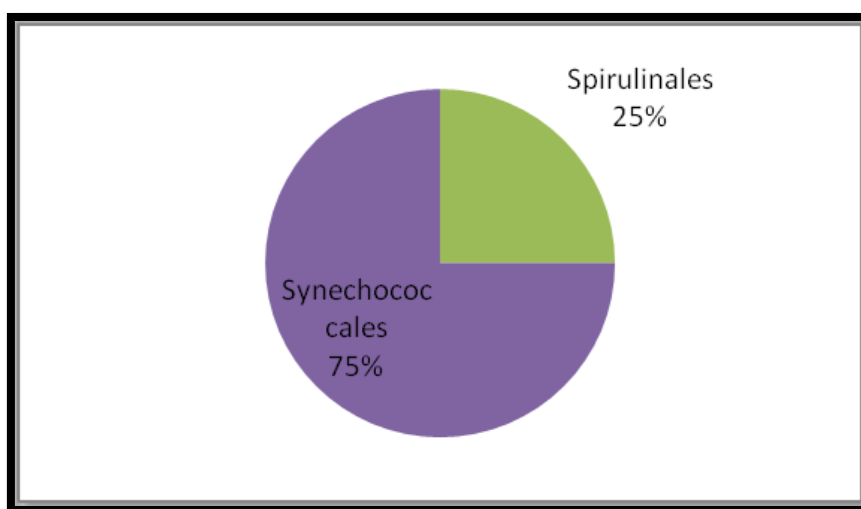
Από την πηγή G ελήφθη υλικό μόνο από μία θέση (G1). Η θέση αυτή χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμη με 42,1 °C αλλά μετρήθηκε πολύ υψηλή αλατότητα της τάξεως των 35 psu [επισημαίνεται ότι 35 psu είναι η μέση αλατότητα των ωκεανών (Thurman & Trujillo 1996), οπότε στην ουσία μιλάμε για «θαλασσινό νερό»]. Η τόσο υψηλή αλατότητα μπορεί να εξηγήσει το γεγονός ότι στη θέση αυτή εμφανίστηκαν αντιπρόσωποι από τρεις μόνο τάξεις (Απεικόνιση 5.11) με την Oscillatoriales να κυριαρχεί κατά πολύ με ποσοστό 63%, ενώ ακολουθεί η Spirulinales με ποσοστό 25%, και τέλος η Chroococcales με ποσοστό 12%. Και σε άλλες θέσεις με υψηλή αλατότητα έχουμε παρατηρήσει ότι κυριαρχεί η τάξη Oscillatoriales (πχ. Θέση A1 με αλατότητα 29 psu).



Εικόνα 5.11 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στην πηγή «Γιάλτρα» (δειγματοληπτική θέση G).

Ήλια

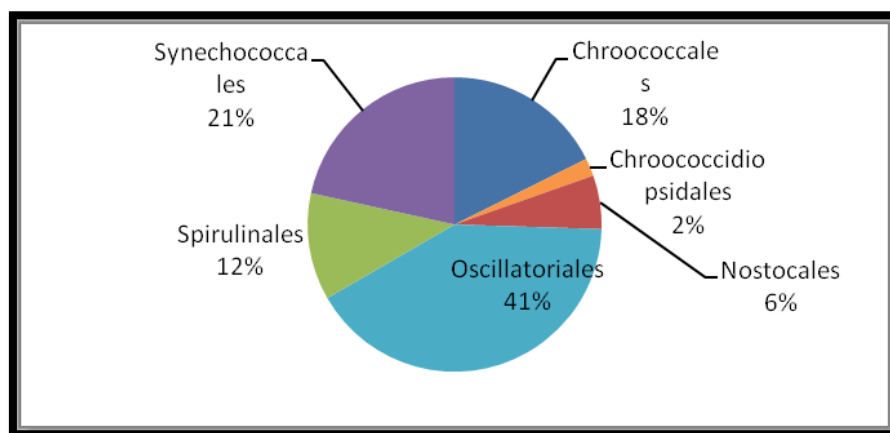
Από την πηγή Ι ελήφθη υλικό μόνο από μία θέση (I1). Η θέση αυτή χαρακτηρίζεται ως υπέρθερμη με 63,5 °C, αλλά με σχετικά χαμηλή αλατότητα της τάξεως των 17 psu. Η τόσο υψηλή θερμοκρασία μπορεί να εξηγήσει το γεγονός ότι στη θέση αυτή εμφανίστηκαν αντιπρόσωποι από δύο μόνο τάξεις με την Synechococcales να κυριαρχεί κατά πολύ, με ποσοστό 75%, ενώ ακολουθεί η Spirulinales με ποσοστό 25% (Απεικόνιση 5.12). Είναι αναμενόμενο σε θέσεις με τόσο υψηλή θερμοκρασία να μειώνεται η βιοποικιλότητα καθώς δεν δύνανται πολλά κυανοβακτήρια να προσαρμοστούν σε τόσο ακραίες θερμοκρασίες.



Εικόνα 5.12 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στην πηγή «Ήλια» (δειγματοληπτική θέση I).

Πλατάνια

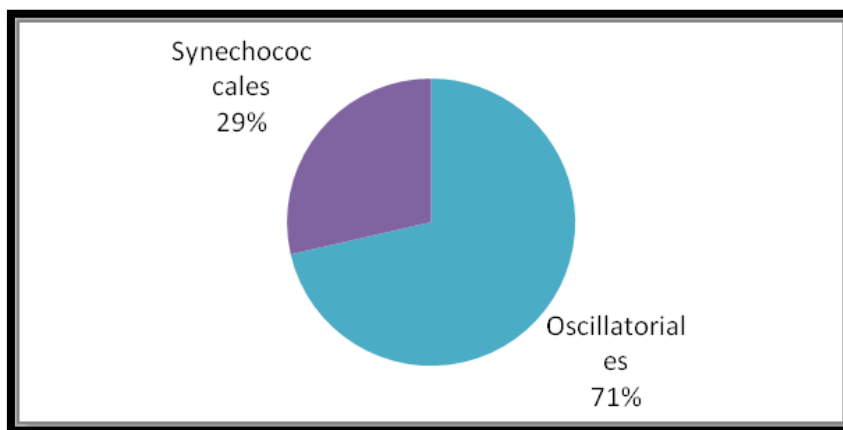
Από την πηγή στην περιοχή Πλατάνια έγινε συλλογή υλικού σε 4 διαδοχικές θέσεις, εκ των οποίων οι τρεις ανήκουν στη ροή του νερού της πηγής, ενώ η R5 είναι δείγματα που έχουν ληφθεί από το εσωτερικό της σπηλιάς όπου υπήρχε η ανάβλυση και πιο συγκεκριμένα από σταλακτίτες. Ως εκ τούτου η θέση R5 δεν ελήφθη υπόψιν για την κατασκευή του συνολικού γραφήματος (Απεικόνιση 5.13) της περιοχής Πλατάνια. Παρά το γεγονός ότι οι θέσεις ομοιάζουν αρκετά ως προς τη θερμοκρασία (όλες μεσόθερμες) και την αλατότητα, παρατηρούνται αρκετά διαφοροποιημένα γραφήματα. Σε προσεκτικότερη παρατήρηση όμως φαίνεται ότι ως κυρίαρχη τάξη παραμένει σε όλες τις θέσεις η ίδια. Το συνολικό γράφημα ομοιάζει αρκετά με αυτό της θέσης R3 (Απεικόνιση 5.16) διότι τα άλλα δύο γραφήματα απλά ενισχύουν κάποιες τάξεις χωρίς στην ουσία να μεταβάλουν τη γενικότερη κατανομή. Κυρίαρχη τάξη είναι η Oscillatoriales με ποσοστό 41%, ενώ ακολουθούν οι τάξεις Synechococcales και Chroococcales με παρόμοια ποσοστά (21% και 18% αντιστοίχως). Η χαμηλότερη σε εμφανίσεις τάξη είναι η Chroococcidiopsidales με ποσοστό μόλις 2%, πρέπει δε να σημειωθεί ότι η πηγή «Πλατάνια» είναι η μόνη περιοχή όπου εμφανίζεται αυτή η τάξη και πιο συγκεκριμένα μόνο στη θέση R3.



Εικόνα 5.13 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοτών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στην πηγή «Πλατάνια» (δειγματοληπτικές θέσεις R1, R2 και R3).

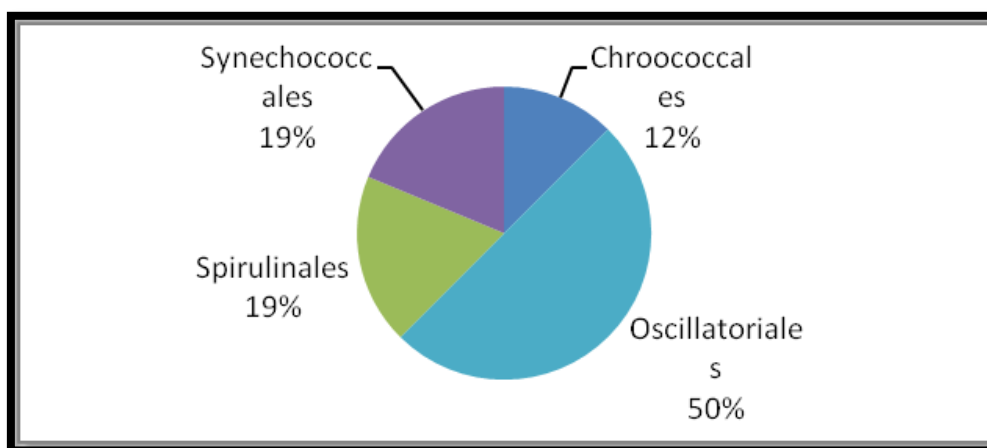
Η θέση R1 χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμη με θερμοκρασία 49,2 °C και αλατότητα 20 psu. Η θέση αυτή είναι ακριβώς στην ανάβλυση της ροής εσωτερικά μιας σπηλιάς, οπότε πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας ότι η περιορισμένη πρόσβαση φωτός δρα ως περιοριστικός παράγοντας εφ' όσον τα κυανοβακτήρια είναι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί. Η έλλειψη φωτός φαίνεται χαρακτηριστικά στο γράφημα (Απεικόνιση 5.14) όπου παρατηρούνται μόνο δύο τάξεις. Στη θέση αυτή κυριαρχεί η

τάξη Oscillatoriales με ποσοστό 71%, κάτι αναμενόμενο αφού οι αντιπρόσωποι της τάξης αυτής είναι νηματοειδή κυανοβακτήρια, τα οποία εξ αιτίας της μεγαλύτερης επιφάνειάς τους είναι σε θέση να προσλαμβάνουν περισσότερο φως. Δεύτερη τάξη από άποψη ποσοστού εμφάνισης είναι η Synechococcales με ποσοστό 29%.



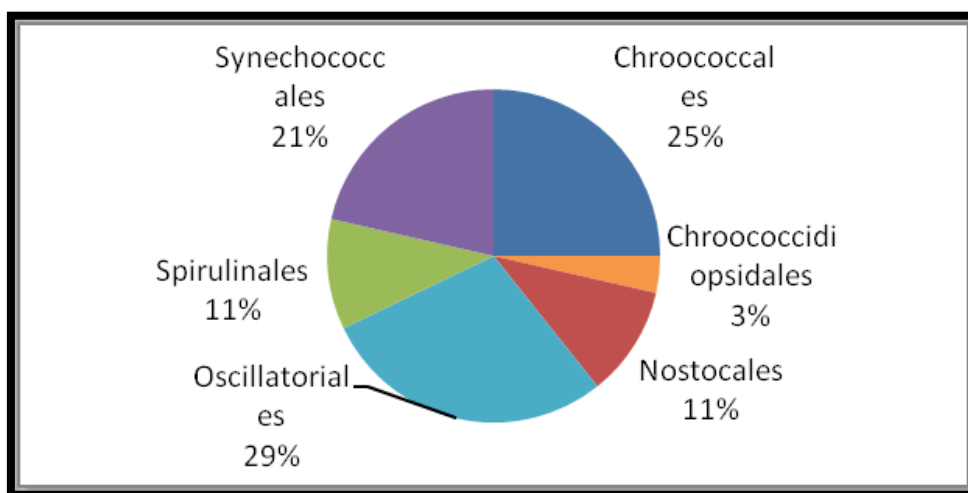
Εικόνα 5.14 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση R1.

Η θέση R2 χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμη με θερμοκρασία 43,1 °C και με αλατότητα 24 psu. Η θέση αυτή είναι εκτός του σπηλαιίου οπότε δεν υπάρχει περιορισμός του φωτός. Ως εκ τούτου διακρίνονται περισσότερες τάξεις στο γράφημα (Απεικόνιση 5.15), όπου και πάλι κυριαρχεί η τάξη Oscillatoriales με ποσοστό 50% αλλά ακολουθούν με ίδιο ποσοστό οι τάξεις Synechococcales και Spirulinales (19%). Τέλος, στην ίδια θέση εμφανίζεται η τάξη Chroococcales με κάπως μικρότερο ποσοστό εμφάνισης της τάξεως του 12%.



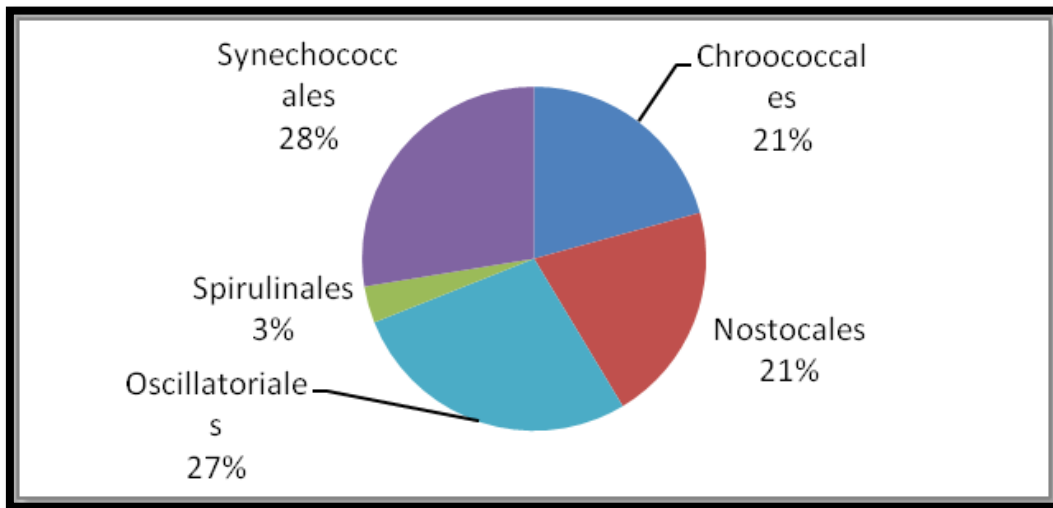
Εικόνα 5.15 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση R2.

Η θέση R3 χαρακτηρίζεται ως μεσόθερμη με θερμοκρασία νερού 37,2 °C και αλατότητα 27 psu. Μπορεί να αυξάνεται η αλατότητα εκεί και ίσως να ανέμενε κανείς μικρότερη ποικιλότητα όσον αφορά στις ταξινομικές τάξεις αλλά η μείωση της θερμοκρασίας φαίνεται ότι ενισχύει την ανάπτυξη ειδών από διαφορετικές τάξεις (Απεικόνιση 5.16). Όπως και στις υπόλοιπες θέσεις, η τάξη Oscillatoriales κυριαρχεί (29%), η δε τάξη Synechococcales παρουσιάζει επίσης ένα αρκετά σημαντικό ποσοστό εμφάνισης (21%). Εμφανή διαφοροποίηση παρουσιάζει η τάξη Chroococcales όπου ενώ στη θέση R1 ήταν απύσασ, στη θέση R2 εμφανίστηκε αλλά με το μικρότερο ποσοστό, και τώρα στη θέση R3 εμφανίζεται με το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό στο γράφημα (25%). Επίσης στη θέση αυτή παρατηρήθηκαν και δύο τάξεις οι οποίες απουσίαζαν από τις υπόλοιπες θέσεις. Οι τάξεις αυτές είναι η Nostocales με ποσοστό 11% και η Chroococcidiopsidales με ποσοστό 3%. Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι η τάξη Chroococcidiopsidales δεν εμφανίζεται σε καμία άλλη θέση της εργασίας αυτής παρά μόνο στη θέση δειγματοληψίας R3.



Εικόνα 5.16 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση R3.

Για τη θέση RS ελήφθη δείγμα από τον σταλακτίτη εντός της σπηλιάς όπου υπήρχε η ανάβλυση. Ως εκ τούτου δεν υπάρχουν μετρήσεις θερμοκρασίας και αλατότητας, και η θέση αυτή δεν συμπεριελήφθη στο γενικό γράφημα της ροής της πηγής «Πλατάνια». Η τάξη με τις περισσότερες εμφανίσεις είναι η Synechococcales με ποσοστό 28%, η οποία όμως διαφέρει μόνο κατά μία μονάδα σε ποσοστό εμφάνισης από την τάξη Oscillatoriales (Απεικόνιση 5.17). Οι δύο ποσοτικά επόμενες τάξεις (Chroococcales και Nostocales) έχουν αμφότερες ποσοστό εμφάνισης 21%. Ενώ μικρότερη εμφάνιση είχε η τάξη Spirulinales με ποσοστό μόλις 3%.



Εικόνα 5.17 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης για τις τάξεις των κυανοβακτηρίων στη δειγματοληπτική θέση RS.

5.2. ΤΑΞΙΝΟΜΙΚΑ

- *Anabaena cf. iyengarii* Bharadwaja 1935

Πλ. 7.1, Εικ. 1-3

Περιγραφή: Θαλλός έρπων, 'δερματώδης' (felt-like), ανοιχτού πράσινου χρώματος. Τριχώματα κυανοπράσινα, πλάτους 4,13 μm. Κύτταρα 'βαρελοειδή' (barel-shaped) μήκους 3,18 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο. Ακινήτες ελλειψοειδείς ή σφαιρικοί με κοκκία, οι οποίοι αναπτύσσονται εκατέρωθεν της ετεροκύστεως, έως και δύο στη σειρά. Διαστάσεις ακινήτων: 6-8,52 μm πλάτος και 9,20-10,37 μm μήκος. Η ετεροκύστη εμφανίζεται μόνο ως παρεμβόλιμη και φέρει δύο πόρους. Διαστάσεις ετεροκύστεως: 4,5-4,87 μm πλάτος και 3,77-4 μm μήκος.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μελετηθέντα δείγματα έχουν μικροτέρων διαστάσεων ακινήτες και ετεροκύστες σε σύγκριση με το τυπικό είδος *Anabaena iyengarii* (ακινήτης: πλάτους 6-8,5 μm έναντι 8,4-16,8 μm και μήκους 9,2-10,37 έναντι 10,5-21,4, και ετεροκύστη: πλάτους 4,5-4,87 μm έναντι 7-7,2 μm και μήκους 3,77-4 μm έναντι 7-9,6 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Το είδος *Anabaena iyengarii* έχει ανευρεθεί στην Ευρώπη και πιο συγκεκριμένα στην Ισπανία (Alvarez-Cobelas & Gallardo 1988) και στην Τουρκία (Aysel 2005). Δεν έχει καταγραφεί στην Ελλάδα.

- *Aphanocapsa fuscolutea* Hansgirg 1892

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Όλα τα μορφολογικά γνωρίσματα του παρατηρηθέντος δείγματος ανταποκρίνονται πλήρως προς τον 'τύπο' του είδους (Komárek & Anagnostidis 2005).

Θέσεις Ανεύρεσης: P1

Εξάπλωση: Το είδος εμφανίζεται σποραδικά σε Ευρασία κοντά σε θερμές πηγές και έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα (Lamprinou et al. 2012).

- ***Aphanocapsa thermalis*** Brügger 1863

Πλ. 7.1, Εικ. 4

Περιγραφή: Αποικίες ακανόνιστου σχήματος ή κυκλικές, διαμέτρου 26,64-26,51 μm, περιβαλλόμενες από υαλώδη θήκη. Κύτταρα ωχρού ιώδους χρωματισμού, με πυκνή διάταξη. Κύτταρα σφαιρικά, διαμέτρου 1,63-2,56 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: R1, R3

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές του βορείου ημισφαιρίου. Έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα σε θερμοπηγές στην Νιγρίτα, Λαγκάδα, Νέα Απολλωνία, Σέδες, Καμμένα Βούρλα, Αιδηψός, Ικαρία και Πολυχνίτος (Anagnostidis 1961).

- ***Aphanothece bullosa*** (Meneghini) Rabenhorst 1865

Πλ. 7.1, Εικ. 5-6

Περιγραφή: Μεγάλες αποικίες μη περιβαλλόμενες από θήκη. Κύτταρα κυανοπράσινα, πλάτους 3,09-3,60 μm και μήκους 3,95-4,82 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: A1

Εξάπλωση: Θερμές πηγές. Ευρώπη, Ελλάδα, Ιταλία, Σλοβακία.

- ***Aphanothece cf. microscopica*** Nägeli 1849

Πλ. 7.1, Εικ. 7

Περιγραφή: Κύτταρα μονήρη, πράσινα, κυρίως σφαιρικά και ενίοτε ραβδόμορφα ακριβώς πριν την κυτταρική διαίρεση. Διάμετρος κυττάρων: 3,19-5,34 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα κύτταρα του δείγματος ανταποκρίνονται πλήρως προς τον 'τύπο' του είδους, όμως απουσιάζει η βλεπνώδης θήκη.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1, EI, EII

Εξάπλωση: Έχει γίνει καταγραφή του είδους *Aphanothece microscopica* και στην Ελλάδα (Anagnostidis 1968, Lamprinou et al. 2012).

- ***Aphanothece cf. minutissima*** (West) J.Komárková-Legnerová & G.Cronberg 1994

Περιγραφή: Ζελατινώδεις, ακανόνιστες αποικίες. Κύτταρα φαιο-ιώδη, ακανόνιστου σχήματος και ενίοτε σφαιρικά, με διάμετρο 1,8-2,3 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα παρουσιάζει μεγαλύτερου μεγέθους κύτταρα σε σύγκριση με το τυπικό είδος (1,8-2,3 μm έναντι 0,8-2 μm). Επίσης οι Komarek & Anagnostidis (1999) αναφέρουν ότι τα κύτταρα του είδους *A. minutissima* είναι ωοειδή ή ραβδόμορφα ενώ στο δείγμα τα κύτταρα είχαν ακανόνιστο και ενίοτε σφαιρικό σχήμα.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

Εξάπλωση: Το είδος *Aphanothece minutissima* έχει καταγραφεί στον Ελλαδικό χώρο από τους Tryfon et al. (1997) στη λίμνη Μικρή Πρέσπα.

- ***Aphanocapsa sp.A***

Περιγραφή: Μικρές σφαιρικές αποικίες, διαμέτρου 21,01-24,58 μm, περιβαλλόμενες από υαλώδη θήκη. Κύτταρα με πυκνή διάταξη εντός της αποικίας. Κύτταρα ωχρο-πράσινα, σφαιρικά, διαμέτρου 3,86-6,2 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα ομοιάζει με το είδος *Aphanocapsa orae* (Kosinskaja) Komárek & Anagnostidis 1995 σε διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος των κυττάρων και το σχήμα των αποικιών, όμως το δείγμα περιβαλλόταν από μεγάλη ποσότητα EPS, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η παρατήρηση περισσότερων χαρακτηριστικών τα οποία θα ταξινομούσαν με βεβαιότητα το δείγμα σε κάποιο συγκεκριμένο είδος του γένους *Aphanocapsa*.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

- ***Brasilonema cf. angustatum*** M.A.Vaccarino & J.R.Johansen 2012

Πλ. 7.2, Εικ. 8-10

Περιγραφή: Τριχώματα κυανο-ιώδη, περιπελεγμένα. Πρωτογενής κλάδος με κύτταρα πλάτους 7,03-7,27 μm και μήκους 5,83-6,02 μm, με ελαφρά σύσφιξη. Δευτερογενής κλάδος πιο λεπτός από τον πρωτογενή, πλάτους 4,19-4,8 μm. Ετεροκύστη παρεμβόλιμη (δύο πόροι), πλάτους 8,47 μm και μήκους 10,23 μm. Σε κάποιο σημείο του τριχώματος δημιουργείται νεκρίδιο, οπότε το νήμα διακλαδίζεται ψευδώς. Η δημιουργία του νέου νήματος εξελίσσεται πριν την ολοκλήρωση του νεκριδίου.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το είδος *Brasilonema angustatum* έχει ανευρεθεί σε χερσαία οικοσυστήματα τροπικών περιοχών. Η παρουσία του σε σταλακτίτη των θερμοπηγών της Αιδηψού ενθάρρυνε την ταξινόμησή του ως *Brasilonema cf. angustatum*.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS, R3

Εξάπλωση: Το είδος *Brasilonema angustatum* έχει ανευρεθεί σε τροπικές περιοχές (Χαβάη) (Vaccharino & Johansen 2012).

- ***Chondrocystis dermochroa*** (Nägeli) Komárek & Anagnostidis, 1995

Περιγραφή: Αποικία με περιβάλλουσα θήκη, διαμέτρου 11,66 μm. Κύτταρα με πυκνή διάταξη εντός της αποικίας, φαιο-ιώδη, διαμέτρου 1,14 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

Εξάπλωση: Απαντάται σε ασβεστολιθικές περιοχές, συχνότερα στην κεντρική Ευρώπη. Έχει ανευρεθεί στη Ρουμανία (Caraus 2002) και στην Ισπανία (Aboal 1988, Alvarez-Cobelas & Callardo 1988) ως *Gleocapsa dermochroa* Nägeli ex Kützing. Ως *Chondrocystis dermochroa* (Nägeli) Komárek & Anagnostidis αναευρέθη στη Γεωργία (Barinova & Kukhaleishvili 2014), στη Ρουμανία (Caraus 2012, Caraus 2017) και στην Τουρκία (Aysel 2005). Έχει ανευρεθεί επίσης και εκτός Ευρώπης.

- ***Chroococidiopsis thermalis*** Geitler 1933

Πλ. 7.2, Εικ. 11

Περιγραφή: Πολυκύτταρες αποικίες με ακανόνιστο τρόπο διαίρεσης. Κύτταρα εντόνως κυανοπράσινα, με 3,5-3,9 μm πλάτος και 4,5-4,9 μm μήκος. Η διάμετρος των κυττάρων φτάνει τα 10-16 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Δεν παρατηρήθηκε το στάδιο όπου τα νανοκύτταρα εξέρχονται του κυτταρικού τοιχώματος, όπως αναφέρεται στην περιγραφή του είδους από τους (Komárek & Anagnostidis 1999).

Θέσεις Ανεύρεσης: P10, P11, P12, R3

Εξάπλωση: Σε θερμούς γενικά βιοτόπους. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στις θερμές πηγές της Εύβοιας (Anagnostidis and Pantazidou 1988).

- ***Chroococcus cf. mediocris*** N.L.Gardner 1927 Πλ.7.2, Εικ. 12

Περιγραφή: Κύτταρα διαμέτρου 6,28-7,15 μm, συνήθως ανά δυάδες. Παρατηρείται ευκρινής κοκκίωση στο εσωτερικό κάθε κυττάρου με μερικά κοκκία ιδιαίτερως εμφανή λόγω μεγαλύτερου μεγέθους. Η θήκη που περιβάλλει την αποικία εμφανίζει στρωμάτωση (1-2 διακριτές στρώσεις).

Θέσεις Ανεύρεσης: R3, RS

Εξάπλωση: Το είδος *Chroococcus mediocris* είναι επιφυτικό και αναφέρεται από τον Gardner (1927) σε περιοχή της Κίνας. Δεν υπάρχουν καταγραφές για την Ευρώπη.

- ***Chroococcus cf. turgidus*** (Kützing) Nägeli 1849 Πλ. 7.2, Εικ. 13

Περιγραφή: Κύτταρα κυανοπράσινα και ενίοτε φαιο-πράσινα, πλάτους 14,5-15 μm και μήκους 8,9-9,8 μm. Στο κυτταρικό περιεχόμενο παρατηρούνται 5-6, μελανού χρώματος, κοκκία. Οι συνήθως δικύτταρες αποικίες περικλείονται από θήκη (με 3-4 διακριτές στρώσεις).

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

Εξάπλωση: Το *Chroococcus turgidus* είναι κοσμοπολιτικό είδος θερμών πηγών. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) σε θερμοπηγές της Νιγρίτας, Λαγκάδα, Σεδών, Αιδηψού, Ικαρίας και Πολυχνίτου και τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Chroococcus lithophilus*** Ercegovic 1925

Πλ. 7.2, Εικ. 14

Περιγραφή: Αποικίες έως και τεσσάρων κυττάρων. Θήκη υαλώδης, μη διακριτή. Κύτταρα εντόνως κυανοπράσινα με διαστάσεις 11,26 μm (πλάτος) και 9,32 μm (μήκος). Η θήκη εφάπτεται του κυττάρου (απουσία *circa* και στρωμάτωσης - lamellation).

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, RS

Εξάπλωση: Απαντάται συνήθως σε υγρά ασβεστολιθικά πετρώματα. Έχει ανευρεθεί και σε άλλη περιοχή της Ελλάδος (Lamprinou et al. 2012).

- ***Chroococcus minutus*** (Kützing) Nägeli 1849

Πλ. 7.2, Εικ. 15

Περιγραφή: Κύτταρα κυανοπράσινα ή ελαιοπράσινα, με διαστάσεις 8,83 μm (πλάτος) και 5,61μm (μήκος). Πλάτος κυττάρου μαζί με τη θήκη: 10 μm. Παρουσία στρωμάτωσης με 1-2 στρώσεις περιφερειακά της αποικίας και μία μεμβράνη, η οποία διαχωρίζει την αποικία των τεσσάρων κυττάρων σε δύο δικύτταρες.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1, P5, CW, G, R2, Rb2, R3

Εξάπλωση: Σε Ευρασία και Ελλάδα. Στην Ελλάδα έχει καταγραφεί από τον Anagnostidis (1961) σε θερμοπηγές της Νιγρίτας, Λαγκάδα, Νέας Απολλωνίας, Σεδών, Καμμένων Βούρλων, Αιδηψού, Ικαρίας και Πολυχνίτου.

- ***Chroococcus minutus var. thermalis*** J.J.Copeland

Περιγραφή: Κύτταρα φαιο-πράσινα συνήθως ανά δυάδες ή τετράδες, ενίοτε μονήρη. Τα κύτταρα περιβάλλονται από λεπτή, δυσδιάκριτη θήκη εφαιπτόμενη των κυττάρων. Κύτταρα πλάτους 10 μm και μήκους 6 μm με εμφανή κοκκίωση στο εσωτερικό τους.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του δείγματος, όπως η εμφανής κοκκίωση και η μικρή απόσταση της θήκης από την αποικία, ομοιάζουν περισσότερο με την «ποικιλία» *C. minutus* var. *thermalis* όπως αυτή περιγράφεται από τους Komarek & Anagnostidis (1999).

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος θερμών πηγών.

- ***Chroococcus occidentalis*** (N.L.Gardner) Komárek & Komárková-Legnerová 2007

Περιγραφή: Κύτταρα ωχρά ελαιο-πράσινα, πλάτους 8,03-10,47 μm και μήκους 7,02-10,15 μm. Η περιβάλλουσα θήκη απέχει από τα κύτταρα 2 μm και δεν εμφανίζει στρωμάτωση. Κυτταρικό περιεχόμενο με διακριτή κοκκίωση.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Δεν υπάρχουν καταγραφές του είδους από τον Ελλαδικό χώρο. Το είδος είχε αρχικά αναγνωρισθεί ως *Chroococcus giganteus* var. *occidentalis* N.L. Gardner το 1927 σε περιοχή του Πόρτο Ρίκο, ενώ στη συνέχεια το όνομα του είδους άλλαξε σε *Chroococcus occidentalis* (N.L.Gardner) Komárek & Komárková-Legnerová το 2007, κατόπιν μελέτης του από υλικό της Αμερικής.

- ***Chroococcus* sp.A**

Περιγραφή: Κύτταρα φαιο-ιώδη, ανά δυάδες ή τετράδες. Περιφερειακά το κύτταρο εμφανίζει φαιό χρωματισμό ενώ στο εσωτερικό του εντείνεται η ιώδης απόχρωση. Παχιά, ζελατινώδης θήκη περικλείει τα κύτταρα με απόσταση από αυτά ίση με 2 μm και χωρίς εμφανή στρωμάτωση. Κύτταρα σφαιρικά, διαμέτρου 15,3-15,7 μm, τα οποία διαιρούνται με διμερή σχάση (binary fission), τα νέα όμως κύτταρα δεν είναι απολύτως όμοια.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Χαρακτηριστικός για την ταξινόμηση του κυανοβακτηρίου αυτού ως είδους του γένους *Chroococcus* ήταν ο τρόπος διαίρεσης των κυττάρων. Σύμφωνα με τους Komarek & Anagnostidis (1999) η χαρακτηριστική διαίρεση που παρατηρείται στο γένος

Chroococcus είναι η διμερής σχάση (binary fission), η οποία διαχωρίζει το αρχικό κύτταρο σε δύο νέα, όμοια κύτταρα.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

- ***Chroococcus subnudus*** (Hansgirg) G.Cronberg & J.Komárek 1994 Πλ. 7.3, Εικ. 16

Περιγραφή: Κύτταρα ελαιο-πράσινα, πλάτους 17,64-18,84 μm και μήκους 13,03-13,41 μm. Ύπαρξη θήκης με απόσταση από το κύτταρο ίση με 2,15-2,25 μm, η οποία δεν εμφανίζει στρωμάτωση.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Μεγαλύτερη εξάπλωση στο νότιο ημισφαίριο. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Chroococcus subsphaericus*** Gardner 1927 Πλ. 7.3, Εικ. 17

Περιγραφή: Κύτταρα με καστανο-ιώδη απόχρωση. Θήκη υαλώδης, με απόσταση από τα κύτταρα 2,22 μm και δυσδιάκριτη στρωμάτωση. Κύτταρα με πλάτος 15,82-16,35 μm και μήκος 10,67-10,84 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P11, P12

Εξάπλωση: Το είδος είχε αναφερθεί μόνο εκτός Ευρώπης. Πρόσφατα έχει αναφερθεί και από την Ελλάδα (Lamprinou et al. 2012).

- ***Chroococcus thermalis*** (Meneghini) Nägeli 1849 Πλ. 7.3, Εικ. 18-19

Περιγραφή: Κύτταρα ελαιοπράσινα, πλάτους 13,82-14,1 μm και μήκους 9,61-9,74 μm. Μήκος δικύτταρης αποικίας με θήκη 25,2 μm, πλάτους Circa 2,3 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P5, C2, CW, R3

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές σε όλη την Ευρώπη. Έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα από θερμές πηγές (Radea et al. 2010).

- ***Chroococcus turgidus*** (Kützing) Nägeli 1849 Πλ. 7.3, Εικ. 20-23

Περιγραφή: Κύτταρα κυανοπράσινα, πλάτους 10,47-12,56 μm και μήκους 9-11,53 μm. Το κυτταρικό περιεχόμενο φέρει κοκκίωση. Ύπαρξη θήκης άλλοτε περιμετρικά της αποικίας και άλλοτε σε απόσταση από την αποικία έως 1.96 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P5, P14, A1, A2, A2, C2, CW, EII

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) σε θερμοπηγές της Νιγρίτας, Λαγκάδα, Σεδών, Αιδηψού, Ικαρίας και Πολυχνίτου, καθώς και από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Cyanobacterium minervae*** (J.J.Copeland) Komárek, Kopecký & Cepák 1999

Πλ. 7.4, Εικ. 24-25

Περιγραφή: Κύτταρα μονήρη ή σε δυάδες, ωχρο-πράσινα, σφαιρικά και ενίοτε ραβδόμορφα, πλάτους 3,98 μm και μήκους 6,02 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P14, A2

Εξάπλωση: Θερμές και αλκαλικές πηγές της Ευρώπης, και στην Ελλάδα στις θερμοπηγές της Νιγρίτας, Λαγκάδα, Καμμένων Βούρλων και Ικαρίας ως *Synechococcus minervae* J.J. Copeland (Anagnostidis 1961).

- ***Cyanobacterium* sp.A**

Περιγραφή: Μεμονωμένη δικύτταρη αποικία. Κύτταρα κυανοπράσινα, ραβδόμορφα, πλάτους 4,76-5,46 μm και μήκους 6,88-7,9 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Η μεμονωμένη εμφάνιση του δείγματος αυτού δεν έκανε δυνατή την αναγνώρισή του ως ενός από τα γνωστά είδη του γένους *Cyanobacterium*.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

- ***Cyanocohniella calida*** J.Kastovský, E.Berrendero, J.Hladil & J.R.Johansen 2014

Πλ. 7.4, Εικ. 26-29

Περιγραφή: Το είδος αυτό περιλαμβάνει διαφορετικά στάδια στον κύκλο ζωής του. Ορμογόνια μήκους 6-8 κύτταρα. Τριχώματα πράσινα, αρχικού σταδίου (pseudanabaena-like stage) τα οποία δημιουργούνται από τα ορμογόνια, πλάτους 2,2-3,2 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 1,74-3,23 μm, με ελαφρά σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο μήκους 3,52-4,33 μm, κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο. Τριχώματα ιώδη ή πράσινα, του επόμενου σταδίου ζωής (nostoc-like stage), πλάτους 2,56-3,5 μm. Κύτταρα σφαιρικά ή ωσειδή, μήκους 3,4-4,32 μm. Ετεροκύστες ακραίες, ωχρο-κίτρινες, σφαιρικές, διαμέτρου 2,83-3,16 μm. (Υπαρξη ενδιάμεσου σταδίου: Τριχώματα φαιο-ιώδη, πλάτους 3,05-3,39 μm. Κύτταρα μήκους 3,04-4,71 μm, κυλινδρικά με ελαφρά σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό). Τριχώματα ιώδη, ώριμης φάσης (chlorogleopsis-like stage), πλάτους 5,5-6,03 μm, αποτελούμενα από μονή ή διπλή αλυσίδα κυττάρων. Κύτταρα σφαιρικά ή ωσειδή, πλάτους 3,61-5,53 μm και μήκους 3,25-3,68 μm. Ετεροκύστες ακραίες και παρεμβόλιμες, ωχρο-κίτρινες, σχεδόν σφαιρικές, διαμέτρου 3,63-5,02 μm. Ακινήτες φαιοί ή φαιο-ιώδεις, μονήρεις ή σε σειρά, πλάτους 4,71-6,37 μm και μήκους 4,96-6,91 μm. Δεν παρατηρήθηκαν νεκρίδια σε κανένα στάδιο του κύκλου ζωής.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το είδος αυτό αποτελείται από διαφορετικά στάδια ζωής τα οποία αν παρατηρηθούν μεμονωμένα, ενδέχεται να οδηγήσουν την ταξινόμηση σε διαφορετικά γένη των κυανοβακτηρίων. Για την επιβεβαίωση της ταξινομικής του είδους αυτού, έγιναν καλλιέργειες του δείγματος για να παρατηρηθούν όλα τα στάδια του κύκλου ζωής στην ίδια καλλιέργεια.

Θέσεις Ανεύρεσης: C1, RS

Εξάπλωση: Το είδος απαντάται σε θερμές πηγές μεταξύ άλλων κυανοβακτηρίων. Πρόσφατα εντάχθηκε σε ένα διαφορετικό γένος, το *Cyanocohniella* J.Kastovský, E.Berrendero, J.Hladil &

J.R.Johansen 2014. Εξ αιτίας της ομοιότητας των διαφορετικών σταδίων ζωής του είδους με άλλα είδη κυανοβακτηρίων, δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί συμπέρασμα κατά πόσον το είδος αυτό έχει ανευρεθεί ξανά στην Ελλάδα. Το πιθανότερο είναι να υφίσταται αλλά να έχει ταξινομηθεί ως κάποιο άλλο είδος ανάλογα με το υπάρχον στάδιο ζωής.

- ***Cyanosarcina burmensis*** (Skuja) Kováčik 1988 Πλ. 7.4, Εικ. 30

Περιγραφή: Αποικία σφαιρική διαμέτρου 13,3 μm. Κύτταρα κυανοπράσινα, με πυκνή διάταξη και ακανόνιστο σχήμα (ενίοτε σφαιρικά), διαμέτρου 2μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: C1

Εξάπλωση: Καταγραφές του είδους έχουν γίνει στην Ευρώπη και πιο συγκεκριμένα στην Ισπανία (Asencio & Aboal 1997, Asencio & Aboal 2004). Πρόσφατα προσδιορίστηκε στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2012) ως *Cyanosarcina cf. burmensis*.

- ***Cyanosarcina cf. spectabilis*** (Geitler) Kováčik 1988 Πλ. 7.7, Εικ. 31

Περιγραφή: Πολυκύτταρες αποικίες, ακανόνιστου σχήματος, χωρίς περιβάλλουσα θήκη. Κύτταρα κυανοπράσινα, με πυκνή διάταξη εντός της αποικίας. Κύτταρα ακανόνιστα, ενίοτε σφαιροειδή, διαμέτρου 2,5-4,5 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Διαπιστώσαμε μεγαλύτερες διαστάσεις κυττάρων σε σύγκριση με τον τύπο του είδους (2,5-4,5 μm έναντι 6-8 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: EII

Εξάπλωση: Καταγραφές εντός Ευρώπης του είδους *Cyanosarcina spectabilis* έγιναν στην Τουρκία (Aysel 2005). Πρόσφατα προσδιορίστηκε στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2012) ως *Cyanosarcina cf. spectabilis*.

- ***Cyanosarcina cf. thalassia*** Anagnostidis & Pantazidou 1991

Περιγραφή: Πυκνά διατεταγμένες, ακανόνιστες αποικίες. Κύτταρα εντόνως κυανοπράσινα, σφαιρικά, διαμέτρου 3,7-5,1 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα μας προέρχεται από διαφορετικό βιότοπο σε σύγκριση με τον τύπο του είδους *Cyanosarcina thalassia* Anagnostidis & Pantazidou (1991), το οποίο αναφέρεται από θαλάσσιο περιβάλλον. Στη θέση των θερμοπηγών της Αιδηψού (παρούσα εργασία) η αλατότητα ήταν 25‰.

Θέσεις Ανεύρεσης: P12

Εξάπλωση: Το είδος *Cyanosarcina thalassia* είναι ένα θαλάσσιο, επιλιθικό είδος το οποίο απαντάται σε ασβεστίτικα πετρώματα στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στο Αιγαίο (Anagnostidis & Pantazidou 1991).

- ***Cyanosarcina cf. thermalis*** (Hindák) Konáček 1988 Πλ. 7.5, Εικ. 32

Περιγραφή: Πυκνά διατεταγμένες αποικίες όπου τα κύτταρα φαίνονται να σχηματίζουν τετράδες. Θήκη άχρωμη, υαλώδης και δυσδιάκριτη. Σφαιρικά κυανοπράσινα κύτταρα, πλάτους 7,55 μm και μήκους 6,66 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Στα μελετηθέντα δείγματα παρατηρούνται μεγαλύτερες διαστάσεις κυττάρων σε σύγκριση με το τυπικό είδος (6,66-7,55 μm έναντι 3-6 μm). Τα υπόλοιπα μορφολογικά γνωρίσματα του δείγματος ανταποκρίνονται προς τον τύπο του είδους.

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, P9

Εξάπλωση: Το είδος *Cyanosarcina thermalis* αποτελεί ένα θερμόφιλο είδος το οποίο έχει ανευρεθεί στην Ευρώπη, σε περιοχή της Ρουμανίας (Caraus 2012, Caraus 2017). Αποτελεί νέα καταγραφή για την Ελλάδα.

- ***Cyanothece halobia*** Roussomoustakaki & Anagnostidis 1991 Πλ. 7.5, Εικ. 33

Περιγραφή: Κύτταρα ελαιοπράσινα ή κυανοπράσινα, μονήρη ή ανά δυάδες. Κύτταρα πλάτους 7,29 μm και μήκους 6,45 μm, με έντονη ανομοιογενή (ως προς το χρώμα και μέγεθος των κοκκίων) κοκκίωση στο εσωτερικό τους.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Συμφωνεί ως προς τα μορφολογικά γνωρίσματα με το είδος *Cyanothece halobia* (Roussomoustakaki & Anagnostidis 1991), το οποίο έχει περιγραφεί από θαλάσσιο περιβάλλον. Η οικολογική διαφοροποίηση μπορεί να εξηγηθεί δεδομένου ότι οι σταθμοί δειγματοληψίας των θερμοπηγών όπου παρατηρήσαμε το είδος αυτό είναι ο AD2 με αλατότητα 24‰ και ο RK3 με αλατότητα 27‰, κάτι το οποίο δικαιολογεί την ένταξή του στο εν λόγω είδος.

Θέσεις Ανεύρεσης: A2, R3

Εξάπλωση: Καταγραφή στην Ελλάδα από τους Anagnostidis & Roussomoustakaki (1991) από ηλιοθερμικές αλυκές.

- ***Geitlerinema amphibium*** (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis 1989 Πλ. 7.5, Εικ. 34-35

Περιγραφή: Τριχώματα κυανοπράσινα με επαπτόμενο, δυσδιάκριτο κολεό και πλάτος 1,94-2,4 μm. Κύτταρα μήκους 3,1-5,2 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους 2,9-4,7 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P8, R2

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος που απαντάται σε αλμυρά και θερμά νερά. Έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα παλαιότερα ως *Oscillatoria amphibia* από τον Anagnostidis (1961) από θερμοπηγές της Νιγρίτας, Λαγκάδα, Νέας Απολλωνίας, Σεδών, Καμμένων Βούρλων, Αιδηψού, Ικαρίας, Πολυχνίτου. Σύμφωνα με πολύ πρόσφατη εργασία το είδος αναφέρεται ως *Anagnostidinema amphibium* (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & J.Komárek 2017 (Strunecky et al. 2017).

- ***Geitlerinema amphibium* f. *circinata*** [*Oscillatoria amphibia* f. *circinata*] Anagnostidis 1961

Πλ. 7.5, Εικ. 36-37

Περιγραφή: Τριχώματα ανοιχτού πράσινου χρώματος και πολύ μεγάλου μήκους, τα οποία εμφανίζονται δακτυλιοειδώς περιελιγμένα. Κύτταρα με διάφανα εγκάρσια τοιχώματα, πλάτους 2,21 μm. Παρουσία κοκκίων στο κυτταρικό περιεχόμενο. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Ο Αναγνωστίδης (1961) είχε παρατηρήσει το είδος *Oscillatoria amphibia* σε αρκετές θερμοπηγές (Νιγρίτα, Λαγκάδα, Νέα Απολλωνία, Σέδες, Καμμένα Βούρλα, Αιδηχός, Ικαρία, Πολυχνίτος), συμπεριλαμβανομένων και των θερμοπηγών της Αιδηψού. Στις παρατηρήσεις του αναφέρεται ότι το είδος έχει «κοχλιοειδώς ή δακτυλιοειδώς περιελιγμένα τριχώματα», γνώρισμα που δεν είχε μέχρι τότε αναφερθεί από καμία άλλη περιγραφή του είδους. Το αναγνώρισε λοιπόν ως *Oscillatoria amphibia* f. *circinata*. Το είδος στη συνέχεια μεταφέρθηκε στο γένος *Geitlerinema* με την ονομασία *Geitlerinema amphibium* με αποτέλεσμα ο μορφότυπος που είχε περιγράψει ο Αναγνωστίδης να φέρεται ως *Geitlerinema amphibium* f. *circinata*. Ο μορφότυπος αυτός μαζί με άλλους μορφοτύπους σύμφωνα με τους Komarek & Anagnostidis (2005) χρειάζεται επανεξέταση.

Θέσεις Ανεύρεσης: P10

Εξάπλωση: Ο τύπος αυτός δεν έχει αναφερθεί άλλη φορά πέραν από την αρχική του περιγραφή από τον Anagnostidis (1961).

- ***Geitlerinema* cf. *numidicum*** (Gomont) Anagnostidis 1989 Πλ. 7.6, Εικ. 40-41

Περιγραφή: Τριχώματα κυανοπράσινα, πλάτους 4,95-4,97 μm, ενίοτε λεπτυνόμενα προς το άκρο με πλάτος περίπου 4,5 μm. Κύτταρα μήκους 4,19-5,81, χωρίς σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή συχνά λεπτυνόμενο και καμπτόμενο – αγκυλόμορφο (hooked), μήκους 14,85 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Παρατηρήσαμε κύτταρα μεγαλύτερου πλάτους σε σύγκριση με το τυπικό είδος *Geitlerinema numidicum* (4,95-4,97 μm έναντι 2,3-4 μm). Η απόκλιση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο καθεστώδες καλλιέργειας. Τα λοιπά μορφολογικά γνωρίσματα ανταποκρίνονται στον τύπο του είδους.

Θέσεις Ανεύρεσης: E1, R1

Εξάπλωση: Το είδος *Geitlerinema numidicum* αποτελεί είδος θερμών πηγών το οποίο έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) στις θερμές πηγές της Νιγηρίας, των Σεδών και των Καμμένων Βούρλων ως *Oscillatoria numidica* Gomont 1892.

- ***Geitlerinema lemmermannii*** (Woloszynska) Anagnostidis 1989 Πλ. 7.6, Εικ. 42

Περιγραφή: Τριχώματα μεμονωμένα, σκοτεινά κυανοπράσινα, πλάτους 2,09 μm. Κύτταρα με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα, μήκους 4,05 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους 5,34 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: Rb2

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2015) σε θερμή πηγή στις Θερμοπούλες. Σύμφωνα με πολύ πρόσφατη εργασία το είδος αναφέρεται ως *Anagnostidinema lemmermannii* (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R.Johansen & J.Komárek 2017 (Strunecky et al. 2017).

- ***Gloeocapsa gelatinosa*** Kützing 1843 Πλ. 7.6, Εικ. 43

Περιγραφή: Αποικία ακανόνιστου σχήματος περιβαλλόμενη από άχρωμη θήκη. Κύτταρα φαιά, ακανόνιστου σχήματος και ενίοτε σφαιροειδή, διαμέτρου 2-3 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS, R3

Εξάπλωση: Σε θερμές μεταλλικές πηγές, κυρίως στην κεντρική Ευρώπη. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) στις θερμοπηγές της Νιγηρίας.

- ***Jaaginema thermale*** Anagnostidis 2001 Πλ. 7.6, Εικ. 44-45

Περιγραφή: Νήματα ελαφρώς κυμαινόμενα, με βήμα έλικας 57-58 μm. Κολεός υαλώδης, εφαιπτόμενος του τριχώματος και δυσδιάκριτος κατά μήκος του νήματος. Τριχώματα κυανοπράσινα, πλάτους 3,2-3,4 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 7,93-9,2 μm, με

ομοιόμορφη κοκκίωση στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο. Δεν παρατηρήθηκε κίνηση στα νήματα, γνώρισμα που αποτελεί και χαρακτηριστικό του γένους.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές. Έχει ανευρεθεί και στην Ελλάδα.

- ***Johannesbaptistia pellucida*** (Dickie) W.R.Taylor & Drouet in Drouet 1938

Πλ. 5.5, Εικ. 33-40 και Πλ. 7.6, Εικ.46

Περιγραφή: Ψευδονήματα μονήρη, πλάτους 8,42-9,1 μm και εξαιρετικά μεγάλου μήκους. Κολεός δυσδιάκριτος, πάχους έως 2,5 μm. Κύτταρα διάφανα ή κιτρινο-πράσινα, πλάτους 4,67-6,56 μm και μήκους 1,65-3,4 μm, με διάστημα μεταξύ τους έως 2,03 μm. Κύτταρα δισκοειδή και ενίοτε ημισφαιρικά, ανά δυάδες.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW, R3

Εξάπλωση: Το είδος έχει ανευρεθεί στην Ευρώπη και πιο συγκεκριμένα στη Βρετανία (Whitton et al. 2003, Whitton & Brook 2011), στη Ρουμανία (Caraus 2012, Caraus 2017) και στην Ισπανία (Aboal 1988, Alvarez-Cobelas & Gallardo 1988).

- ***Kamptonema animale*** (C.Agardh ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda 2014

Πλ. 7.6, Εικ. 47

Περιγραφή: Τριχώματα κυανοπράσινα, περιπεπλεγμένα, πλάτους 1,96-3,78 μm. Κύτταρα μήκους 2,04-4,32 μm, με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο κωνικό με συνήθως αποστρογγυλεμένο άκρο (ενίοτε καμπτόμενο ή αγκιστροειδές).

Θέσεις Ανεύρεσης: A1

Εξάπλωση: Σε θερμές και θειούχες πηγές. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα και είχε ταξινομηθεί ως *Oscillatoria animalis* από τον Anagnostidis (1961) στις θερμές πηγές της Νιγρίτας, Νέας Απολλωνίας, Καμμένων Βούρλων, Αιδηψού, Ικαρίας και Πολυχίτου.

- ***Kamptonema chlorinum*** (Kützing ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda 2014

Πλ. 7.7, Εικ. 48-49

Περιγραφή: Τριχώματα ωχρής κυανοπράσινης απόχρωσης, πλάτους 2,5-3,05 μm. Κύτταρα μήκους 4,47-5,86 μm, με ελαφρά ή απύσα σύσφιξη. Κυτταρικό περιεχόμενο με έντονη κοκκίωση. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε καμπτόμενο ή κωνικό με απεστρογγυλεμένο άκρο.

Θέσεις Ανεύρεσης: A1, CW, EII

Εξάπλωση: Πιθανώς κοσμοπολιτικό είδος. Απαντάται εντός βενθικής οργανικής ιλύος, σε πηγές πλούσιες σε θειούχα άλατα ή σε ελαφρώς αλμυρό νερό. Έχει ανευρεθεί στον Ελλαδικό χώρο από τον Anagnostidis (1968) ως *Oscillatoria chlorina*.

- ***Kamptonema cortianum*** (Meneghini ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda 2014

Πλ. 7.7, Εικ. 50-51

Περιγραφή: Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 4,98-5,44 μm, παραλλήλως διατεταγμένα και ενίοτε περιπεπλεγμένα. Κύτταρα μήκους 3,61-4,49 μm, με ελαφρά σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο.

Θέσεις Ανεύρεσης: C2

Εξάπλωση: Σε θερμές και μεταλλικές πηγές. Έχει ανευρεθεί στον Ελλαδικό χώρο από τον Anagnostidis (1968) ως *Oscillatoria cortiana*.

- ***Kamptonema formosum*** (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda 2014

Πλ. 7.7, Εικ. 52-53

Περιγραφή: Τριχώματα κυανοπράσινα, χωρίς σύσφιξη. Κολεός λεπτός και δυσδιάκριτος, εφαπτόμενος του τριχώματος (διακρίνεται μόνο στην άκρη του τριχώματος). Πλάτος τριχώματος 4,35-5,25 μm. Κύτταρα βραχύτερα του πλάτους με μήκος 2,09-4,03 μm. Επάκριο

κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ελαφρώς καμπτόμενο ή κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο (το γνώρισμα αυτό φαίνεται έντονα κατά την κίνηση του νήματος - ολίσθηση).

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, CW, RS, R1, R2

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος. Καταγραφή από την Ελλάδα ως *Oscillatoria formosa* (Anagnostidis 1961) από θερμές πηγές (Νιγρίτα, Λαγκάδα, Νέα Απολλωνία, Σέδες, Καμμένα Βούρλα και Ικαρία).

- ***Kamptonema laetevirens*** (H.M.Crouan & P.L.Crouan ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda 2014 Πλ. 7.7, Εικ. 54-55

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 6,38-6,81 μm στα οποία παρατηρείται κίνηση (ολίσθηση εντός του κολεού και περιστροφική κίνηση του ολικού νήματος). Τριχώματα έντονου κυανοπράσινου χρώματος με ελαφρά σύσφιξη, πλάτους 4,82-5,41. Κύτταρα ελαφρώς βραχύτερα του πλάτους με μήκος 3,62-4,28 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο, μερικές φορές ελαφρώς καμπτόμενο (η κάμψη παρατηρείται συνήθως κατά την κίνηση του νήματος).

Θέσεις Ανεύρεσης: P3

Εξάπλωση: Σε αλμυρές και θειώδεις θερμές πηγές της Ευρώπης. Καταγραφή από την Ελλάδα ως *Phormidium laetevirens* (Anagnostidis & Roussomoustakaki 1988) από το ορυχείο Μαντούδι της Εύβοιας σε περιοχή με υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων.

- ***Kamptonema sp.A*** Πλ. 7.7, Εικ. 56-57

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 6,6 μm. Κολεός υαλώδης με εναποθέσεις CaCO₃, ενίοτε απών. Τριχώματα ανοιχτού πράσινου χρώματος, πλάτους 4,33-4,74 μm. Κύτταρα με έντονη κοκκίωση στο εσωτερικό τους και σχεδόν διάφανα εγκάρσια τοιχώματα. Μήκος κυττάρων 2,92-4,63 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή ελαφρώς λεπτυνόμενο και καμπτόμενο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα παρατηρηθέντα δείγματα ομοιάζουν με το είδος *Kamptonema laetevirens* αλλά διαφέρουν ως προς τον χρωματισμό του τριχώματος (ανοιχτό

πράσινο έναντι έντονου κυανοπράσινου) καθώς και ως προς την χαρακτηριστική για το είδος αυτό σύσφιξη, η οποία δεν διαπιστώθηκε στα δείγματά μας.

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, E1

- ***Komvophoron anabaenoides*** (C.-C.Jao & Y.-Y.Li) Anagnostidis & Komárek 1988

Πλ. 7.8, Εικ. 58-60

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 3,15-3,98μm με εξαιρετικά έντονη κίνηση (ολίσθηση). Κολεός λεπτός και δυσδιάκριτος. Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 3,06-3,48 μm. Κύτταρα μήκους 1,22-1,68 μm, με βαρελοειδές σχήμα και πολύ έντονη σύσφιξη. Τα κύτταρα ενίοτε δίνουν την αίσθηση ότι διαχωρίζονται στο μέσον. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό ή τετραγωνισμένο-κωνικό.

Θέσεις Ανεύρεσης: A2

Εξάπλωση: Εκτός Ευρώπης σε περιοχή της Κίνας (Hu & Wei 2006).

- ***Komvophoron halobium*** Anagnostidis 2001

Πλ. 7.8, Εικ. 61

Περιγραφή: Μεμονωμένο τρίχωμα μικρού σχετικά μήκους (30 κυττάρων), και πλάτους 4,52-5,74 μm. Κύτταρα με εμφανή σύσφιξη και διαχωρισμένα με απόσταση μεταξύ τους 0,76-1,32 μm, με ωχρή πράσινη απόχρωση. Μήκος κυττάρων 2,56-3,35 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P5

Εξάπλωση: Σποραδικές εμφανίσεις στην Ελλάδα (Μεσολόγγι) σύμφωνα με τους Komarek & Anagnostidis 2005 (Roussomoustakaki & Anagnostidis 1991).

- ***Leptolyngbya angustissima*** (West & G.S.West) Anagnostidis & Komárek 1988

Πλ. 7.8, Εικ.62

Περιγραφή: Νήματα μεμονωμένα. Κολεός λεπτός, επαπτόμενος στο τρίχωμα. Τριχώματα ωχρο-πράσινα, πλάτους 0,79-0,94 μm. Κύτταρα μήκους 1,62-1,64 μm με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: A1, R3

Εξάπλωση: Σε θερμές και μεταλλικές πηγές. Έχει αναγνωρισθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) ως *Phormidium angustissimum* από τις θερμοπηγές της Νιγρίτας, Λαγκάδα, Νέας Απολλωνίας, Σεδών, Αιδηψού και Ικαρίας.

- ***Leptolyngbya cartilaginea*** (J.J.Copeland) Anagnostidis 2001 Πλ. 7.9, Εικ. 64-65

Περιγραφή: Νήματα περιπεπλεγμένα, πλάτους 2,51 μm. Κολεός παχύς και δερματώδης, επαπτόμενος του τριχώματος. Τριχώματα πράσινα, πλάτους 1,5-1,6 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, σπανίως κωνικό.

Θέσεις Ανεύρεσης: EII

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές εκτός Ευρώπης. Έχει ανευρεθεί στην Αμερική (Smith 2010) και στη Ρωσία (Medvedeva & Nikulina 2014).

- ***Leptolyngbya cf. angusta*** (Skuja) Anagnostidis 2001 Πλ. 7.8, Εικ. 62

Περιγραφή: Τριχώματα πράσινα, πλάτους 1,06-1,14 μm. Κύτταρα χωρίς σύσφιξη και με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα, μήκους 1,1-1,88 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα διαφέρει ως προς το μέγεθος των κυττάρων του σε σύγκριση με το τυπικό είδος όπως αναφέρεται από τους Komare & Anagnostidis (2005) (πλάτος κυττάρων: 1,06-1,14 μm έναντι 0,5-0,6 μm, μήκος κυττάρων: 1,1-1,88 μm έναντι 2-4 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

Εξάπλωση: Το είδος *Leptolyngbya angusta* δεν έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα.

- ***Leptolyngbya cf. copelandii*** Anagnostidis 2001 Πλ. 7.9, Εικ. 66

Περιγραφή: Τρίχωμα ελαιο-πράσινο, πλάτους 1,48-1,59 μm. Κύτταρα μήκους 5,29-6,49 μm με αρκετά κοκκία στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μελετηθέντα δείγματα εμφανίζουν μεγαλύτερο μήκος κυττάρων σε σύγκριση με τον τύπο του είδους (5,29-6,49 μm έναντι 2-3 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: C1

Εξάπλωση: Το είδος *Leptolyngbya copelandii* απαντάται σε θερμές πηγές και έχει καταγραφεί και από περιοχή της Ελλάδας.

- ***Leptolyngbya cf. ferruginea*** (G.S.West) Anagnostidis & Komárek 1988

Πλ. 7.9, Εικ. 67-69

Περιγραφή: Τριχώματα πράσινα, χωρίς σύσφιξη, πλάτους 0,97-1,81 μm. Κύτταρα μήκους 10,23-12,93 μm στα οποία ενίοτε παρατηρήθηκαν κοκκία στα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο. Σχηματισμός ενασβεστωμένου κολεού, πλάτους 2,46-2,84 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Ο κολεός παρατηρήθηκε μη ενασβεστωμένος στο δείγμα από το ανώτερο στρώμα του μικροβιακού τάπητα, ενώ στα κατώτερα στρώματα ο κολεός ήταν αρκετά έως και εξ ολοκλήρου ενασβεστωμένος, δίνοντας την αίσθηση «ασβεστιτικού σωλήνα» (tube).

Θέσεις Ανεύρεσης: P14, E1

Εξάπλωση: Το είδος *Leptolyngbya ferruginea* δεν έχει καταγραφεί στην Ευρώπη, αναγνωρίστηκε δε από τον West (1904) σε υλικό από τη Δομινίκα (Dominica, Koseau Valley).

- ***Leptolyngbya cf. orientalis*** (G.S.West) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.9, Εικ. 70

Περιγραφή: Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 2,17 μm. Κύτταρα μήκους 3 μm, χωρίς σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μελετηθέντα δείγματα εμφανίζουν διαφορετικές διαστάσεις κύτταρων σε σχέση με το τυπικό είδος *Leptolyngbya orientalis* (πλάτος κυττάρων 2,17 μm έναντι 1,6-1,8 μm και μήκος κυττάρων 3 μm έναντι 3,5-8 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: A2

Εξάπλωση: Το είδος *Leptolyngbya orientalis* έχει ανευρεθεί σε θερμές πηγές της Ευρώπης και πιο συγκεκριμένα στη Ρουμανία (Caraus 2002), αλλά δεν υπάρχει κάποια καταγραφή στον Ελλαδικό χώρο.

- ***Leptolyngbya cf. thermobia*** Anagnostidis 2001 Πλ. 7.9, Εικ. 71

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 3,43 μm με εφαπτόμενο υαλώδη κολεό. Τρίχωμα φαιοπράσινου ή πράσινου χρώματος. Κύτταρα πλάτους 1,66-1,92 μm, χωρίς ή με πολύ ελαφρά σύσφιξη στα δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα και μήκους 0,76-2,06 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μελετηθέντα δείγματα έχουν μεγαλύτερο πλάτος νήματος σε σύγκριση με το τυπικό είδος (3,43 μm έναντι 2 μm). Επίσης η βιβλιογραφία αναφέρει ότι συνήθως τα νήματα του είδους *L. thermobia* έχουν ελικοειδή μορφή, γνώρισμα που δεν παρατηρήθηκε στα δείγματά μας όπου τα νήματα ήταν ευθέα.

Θέσεις Ανεύρεσης: P9

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές και στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στα Καμμένα Βούρλα από τον Anagnostidis (1961) ως *Lyngbya lagerheimii*.

- ***Leptolyngbya ercegovicii*** (Cado) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.10, Εικ. 72

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 1,12 μm. Κολεός λεπτός, εφαπτόμενος του τριχώματος και αρκετά δυσδιάκριτος. Τριχώματα ωχρο-πράσινα, πλάτους 1,07-1,35 μm. Κύτταρα

κυλινδρικού σχήματος και μήκους 3,94-4,5 μm, με κενό μεταξύ τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: C1, RS

Εξάπλωση: Ενδολιθικό είδος το οποίο διατρυπά ασβεστιτικά πετρώματα. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Leptolyngbya foveolara*** (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.10, Εικ. 73-74

Περιγραφή: Μεμονωμένα νήματα. Κολεός λεπτός, ενίοτε απών. Τριχώματα κυανοπράσινα πλάτους 2,26-2,7 μm. Κύτταρα με εμφανή σύσφιξη και βαρελοειδές σχήμα, μήκους 1,78 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: EII, RS

Εξάπλωση: Παγκόσμια εξάπλωση σε θερμές και μεταλλικές πηγές. Είχε ανευρεθεί σε θερμές πηγές της Ελλάδας (Νιγρίτα, Λαγκάδα, Νέα Απολλωνία, Σέδες, Καμμένα Βούρλα και Ικαρία) από τον Anagnostidis (1961) ως *Phormidium foveolarum*. Επίσης αναφέρεται και πιο πρόσφατα από τους Lamprinou et al. (2012) ως *Leptolyngbya foveolarum*.

- ***Leptolyngbya gracillima*** (Hansgirg) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.10, Εικ. 75-77

Περιγραφή: Μακρά και περιπεπλεγμένα νήματα πλάτους 3,28 μm. Κολεός παχύς. Τριχώματα κυανοπράσινα πλάτους 1,7-1,95 μm. Κύτταρα ισοδιαμετρικά μήκους 1,85-2 μm, με ωχρά κοκκία στο εσωτερικό τους. Ύπαρξη ψευδο-διακλαδώσεων στα περισσότερα νήματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, ενίοτε με ωχρό-ερυθροκίτρινο χρωματισμό και πεπαχυμένο τοίχωμα στο άκρο.

Θέσεις Ανεύρεσης: C1

Εξάπλωση: Σε όλη την Ευρώπη σε ασβεστολιθικό υπόβαθρο. Οι καταγραφές από θερμές πηγές θεωρείται ότι χρειάζονται επανεξέταση. Στην Ελλάδα έχει ανευρεθεί αρχικά από τους

Anagnostidis et al. (1982) ως *Plectonema gracillimum*, ενώ αργότερα αναγνωρίστηκε από τους Lamprinou et al. (2012) ως *Leptolyngbya gracillima*.

- ***Leptolyngbya granulifera*** (J.J.Copeland) Anagnostidis, 2001 Πλ. 7.10, Εικ. 78-79

Περιγραφή: Θαλλός δερματώδης. Νήματα παραλλήλως διατεταγμένα και περιπεπλεγμένα. Κολεός λεπτός, υαλώδης και δυσδιάκριτος. Τριχώματα ανοιχτού κυανοπράσινου χρώματος, πλάτους 1,05-1,15 μm. Κύτταρα μήκους 3,62 μm με σύσφιξη και κοκκίωση στα εγκάρσια τοιχώματα και με διάστημα μεταξύ τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: E11, R3

Εξάπλωση: Από θερμές και αλκαλικές πηγές. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) σε περιοχή της Μακεδονίας (θερμοπηγές Νιγρίτας) ως *Phormidium tenue* var. *granuliferum* Copeland 1936.

- ***Leptolyngbya laminosa*** (Gomont ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988

Πλ. 7.11, Εικ. 80

Περιγραφή: Θαλλός ταπητοειδής (mat-like), φαιο-πράσινος. Νήματα περιπεπλεγμένα. Κολεός ζελατινώδης με αποθέσεις CaCO₃. Τριχώματα φαιο-πράσινα, χωρίς σύσφιξη, πλάτους 0,8-2 μm. Παρουσία 1-2 κοκκίων στα εγκάρσια τοιχώματα των κυττάρων. Κύτταρα μακρύτερα του πλάτους με μήκος 2,4-5 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους 2,3 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P4, R2

Εξάπλωση: Τυπικό θερμόβιο είδος με παγκόσμια εξάπλωση. Έχει καταγραφεί στον Ελλαδικό χώρο από τους Lamprinou et al. (2014).

- ***Leptolyngbya lurida*** (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.11, Εικ. 81-83

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 3,21-3,9 μm. Κολεός υαλώδης, δυσδιάκριτος, ο οποίος εφάπτεται στο τρίχωμα. Τριχώματα κυανοπράσινης απόχρωσης πλάτους 1,93-2,3 μm, με σύσφιξη. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 1,96-2,35 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, P14, EII

Εξάπλωση: Σε στάσιμα νερά και θερμές πηγές. Καταγραφή έχει γίνει και από την Ελλάδα (Anagnostidis 1961).

- ***Leptolyngbya orientalis*** (G.S.West) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.11, Εικ. 84

Περιγραφή: Μονήρη νήματα με λεπτό δυσδιάκριτο κολεό. Τριχώματα πράσινης απόχρωσης, χωρίς σύσφιξη, πλάτους 1,8 μm. Κύτταρα αρκετά μακρύτερα του πλάτους, μήκους 5,22-6,4 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1

Εξάπλωση: Καταγραφές από θερμές πηγές της Ευρώπης. Δεν έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα.

- ***Leptolyngbya perforans*** (Geitler) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.11, Εικ. 85

Περιγραφή: Νήματα περιπεπλεγμένα, πλάτους 2,97-3,82 μm. Κολεός παχύς και δερματώδης, ευδιάκριτος σε όλο το μήκος του νήματος. Τρίχωμα πλάτους 1,56-2,77 μm με ωχρό κυανοπράσινο χρωματισμό. Κύτταρα κυλινδρικά μήκους 2,82-4,81 μm, ενίοτε με ύπαρξη κενού μεταξύ τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW, RS

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί σε περιοχές της Ευρώπης και της Ελλάδος (Anagnostidis 1968 – ως *Schizothrix perforans* st. *typicus*) συνήθως σε υπόστρωμα τραβερτίνη.

- ***Leptolyngbya pseudotenuis*** (Stockmayer & Skuja) Anagnostidis 2001 Πλ. 7.11, Εικ. 86

Περιγραφή: Θαλλός φαιο-πράσινος. Νήματα μεμονωμένα, συνήθως εντός ασβεστιτικών δομών. Κολεός λεπτός και δυσδιάκριτος. Τριχώματα φαιο-πράσινα, πλάτους 0,83-1,25 μm. Κύτταρα μακρύτερα του πλάτους με μήκος 3,41-3,9 μm και ενίοτε με κενό μεταξύ τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: C1, I

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές και επιλιθικό σε ασβεστιτικά υποστρώματα. Δεν έχει ανευρεθεί στην Ευρώπη.

- ***Leptolyngbya ramosa*** (J.B.Petersen) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.11, Εικ. 87

Περιγραφή: Τριχώματα φαιο-πράσινα, πλάτους 1,93-2,06 μm. Κύτταρα μήκους 99-4,4 μm με ομοιογενές περιεχόμενο και δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: EII

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί σε θερμές πηγές σε περιοχή της Αμερικής (Smith 2010) και στη Νέα Ζηλανδία (Broady & Merican 2012). Δεν υπάρχει καταγραφή του είδους αυτού στην Ελλάδα.

- ***Leptolyngbya sp.A*** Πλ. 7.12, Εικ. 88-89

Περιγραφή: Τριχώματα φαιού χρωματισμού, πλάτους 1,61-2,1 μm. Κύτταρα ακανόνιστου σχήματος (ανομοιόμορφα στα κυτταρικά τοιχώματα) ή ωοειδή με άκρα αλληλεπικαλυπτόμενα, μήκους 1,61-2,05 μm. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Η ιδιαίτερη απόχρωση των τριχωμάτων καθώς και η ιδιαιτερότητα ως προς το σχήμα των κυττάρων καθιστούν δυσχερή την ταξινόμηση του δείγματος αυτού σε κάποιο από τα γνωστά είδη του γένους *Leptolyngbya* (Gomont) Anagnostidis & Komárek..

Θέσεις Ανεύρεσης: P12

- ***Leptolyngbya* sp.B**

Πλ. 7.12, Εικ. 90

Περιγραφή: Τριχώματα πράσινα, περιπεπλεγμένα, τα οποία φαίνεται να ξεκινούν από ένα κοινό σημείο το οποίο συνήθως είναι μια ασβεστιτική απόθεση ή τμήμα πετρώματος και στη συνέχεια εκτείνονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Πλάτος τριχώματος 1,46-2,25 μm. Κύτταρα με ομοιογενές κυτταρικό περιεχόμενο και με δυσδιάκριτα έως διάφανα εγκάρσια τοιχώματα. Μήκος κυττάρων 2,63-2,9 μm. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα αυτό σύμφωνα με το μέγεθος και άλλα μορφολογικά χαρακτηριστικά, ταξινομείται στο γένος *Leptolyngbya* Anagnostidis K. & Komárek J. (1988). Η χαρακτηριστική όμως διάταξη των τριχωμάτων του, μας έκανε επιφυλακτικούς ως προς την ταξινόμησή του σε επίπεδο είδους.

Θέσεις Ανεύρεσης: P13, A2, E1

- ***Leptolyngbya* sp.C**

Περιγραφή: Τριχώματα φαιο-ιώδη σχεδόν άχρωμα, πλάτους 0,99-1,15 μm. Τριχώματα περιπεπλεγμένα και περιβαλλόμενα από μεγάλη ποσότητα EPS. Κύτταρα μήκους 3,72 μm με ενίοτε δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το ιδιαίτερα μικρό μέγεθος των κυττάρων σε συνδυασμό με την περιβάλλουσα μεγάλη ποσότητα EPS, κατέστησε δυσχερή τον προσδιορισμό του δείγματος σε επίπεδο είδους.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

- ***Leptolyngbya subuliformis* (Gomont) Anagnostidis 2001**

Πλ. 7.12, Εικ. 91-92

Περιγραφή: Νήματα μονήρη, πλάτους 4,23-4,55 μm. Κολεός άχρωμος σχεδόν αόρατος. Τριχώματα πράσινα, πλάτους 1,68-1,90 μm. Κύτταρα βαρελοειδή, μήκους 1,9-2,38 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: EI

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί σε θερμές πηγές και στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) ως *Phormidium subuliforme*.

- ***Leptolyngbya tenuis*** (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.12, Εικ. 93-94

Περιγραφή: Νήματα μεγάλου μήκους. Κολεός εφαπτόμενος του τριχώματος, πολύ λεπτός και δυσδιάκριτος. Τριχώματα πράσινης απόχρωσης, πλάτους 2-2,5 μm. Κύτταρα με ελαφρά και συχνά απούσα σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα αλλά με διάστημα μεταξύ των κυττάρων. Μήκος κυττάρων 3,5-5 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους 4μm

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, R1, R2

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος με εμφανίσεις κοντά σε θερμές πηγές και σε αλμυρά νερά. Καταγραφή και από την Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) ως *Phormidium tenue* και αργότερα από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Leptolyngbya thermalis*** Anagnostidis 1988 Πλ. 7.12, Εικ. 95

Περιγραφή: Νήματα αρκετά μεγάλου μήκους, με πλάτος 1,47-1,57 μm. Κολεός πολύ λεπτός, εφαπτόμενος του τριχώματος και δυσδιάκριτος. Τρίχωμα ανοιχτού πράσινου χρώματος με πλάτος 0,93-1,25 μm. Παρατηρήθηκε μικρό διάστημα μεταξύ των κυττάρων σε κάποιες περιπτώσεις. Τα κύτταρα εμφανίζουν σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα και το μήκος τους είναι 1,93-2,73 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P10, P11, P12, A2, I, R3

Εξάπλωση: Εξάπλωση σε θερμές πηγές. Στην Ελλάδα έχει καταγραφεί από τις θερμοπηγές της Νιγρίτας της Μακεδονίας (Anagnostidis 1961) ως *Lyngbya limnetica* Lemmermann.

- *Limnothrix redekei* (Goor) Meffert 1988

Πλ. 7.13, Εικ. 96

Περιγραφή: Τριχώματα ωχρο-κυανοπράσινα, πλάτους 1,15 μm. Κύτταρα μήκους 3,41-4,5 μm χωρίς εμφανή σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους 3,41 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Vardaka et al. (2000).

- *Nostoc cf. calcicola* (C.Agardh) C.Agardh 1817

Πλ. 7.13, Εικ. 97-98

Περιγραφή: Κύτταρα κυανοπράσινα, σφαιρικά, διαμέτρου 2,77-3,09 μm. Έμμονα κύτταρα φαιοκαστανά, σφαιρικά, διαμέτρου 3,55-4,06 μm, με παχύτερο κυτταρικό τοίχωμα.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Δεν παρατηρήσαμε όλα τα στάδια ζωής του κυανοβακτηρίου αυτού με αποτέλεσμα την αβέβαιη ταξινόμησή του στο είδος *Nostoc calcicola*.

Θέσεις Ανεύρεσης: C2, E1

Εξάπλωση: Το είδος *Nostoc calcicola* έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961).

- *Nostoc punctiforme* Hariot 1891

Πλ. 7.13, Εικ. 99-102

Περιγραφή: Θαλλός σκοτεινού καστανο-ιώδους χρωματισμού, εκτεταμένος (creeping) και προσκολλημένος στο υπόστρωμα σχηματίζοντας χαρακτηριστικού σχήματος δεσμίδες (bunch). Κύτταρα ιώδη, φαιο-μελανά ή σκούρα καστανά, τα οποία σχηματίζουν δεσμίδες ή νήματα. Νήματα με μονή ή διπλή αλυσίδα κυττάρων με άχρωμο και δυσδιάκριτο κολεό. Κύτταρα (νήματος) πλάτους 4,65-6,74 μm και μήκους 3,72-5,47 μm. Δεσμίδες πλάτους 14,2-15,74 μm και μήκους 41,72-59,75 μm, οι οποίες περιβάλλονται από παχύ κολεό, ο οποίος απέχει από την αποικία 1,3-4,5 μm. Επτεροκύστες φαιο-πράσινες, τόσο επάκριες όσο και παρεμβόλιμες, πλάτους 3,97-4,02 μm και μήκους 4,52-4,84 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: EI, RS

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος το οποίο έχει ανευρεθεί και στην Ελλάδα από τους Anagnostidis et. al (1981) και Lamprinou et al. (2012).

- ***Nostoc* sp.A**

Πλ. 7.13, Εικ. 103

Περιγραφή: Αποικίες ωοειδείς υπό μορφή δεσμίδων με πυκνή διάταξη κυττάρων. Κύτταρα ιώδη, κατά το πλείστον σφαιρικά, διαμέτρου 5,23-6,47 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Οι δομές των αποικιών υπό μορφή δεσμίδων (bunch – ‘τσαμπιά’) υποδεικνύουν ότι το δείγμα αυτό ανήκει στο γένος *Nostoc*. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν άλλα στάδια ζωής, ώστε να γίνει πλήρης προσδιορισμός σε επίπεδο είδους.

Θέσεις Ανεύρεσης: EII

- ***Nostoc* sp.B**

Πλ. 7.14, Εικ. 104-105

Περιγραφή: Κύτταρα ιώδη, ωοειδή, πλάτους 3,54-3,98 μm και μήκους 5,38-6,82 μm. Ύπαρξη δύο τύπων ετεροκύστεων, μιας ακραίας (μονόπορη ετεροκύστη) και μιας παρεμβόλιμης (δίπορη ετεροκύστη). Ακραία ετεροκύστη ωχρο-πράσινης απόχρωσης, σφαιρικού ή ωοειδούς σχήματος, με διαστάσεις 2,65-2,78 μm (πλάτος) και 2,71-4 μm (μήκος). Παρεμβόλιμη ετεροκύστη ωχρο-ελαιοπράσινης απόχρωσης και σφαιρικού σχήματος, διαμέτρου 4,42 μm. Έμμονα κύτταρα ωχρο-ελαιοπράσινης απόχρωσης με παχύτερο κυτταρικό τοίχωμα και ελαφρά κοκκίωση στο εσωτερικό τους. Έμμονα κύτταρα ωοειδή, διαστάσεων 4,34-4,9 μm (πλάτος) και 4,51-6,01 μm (μήκος).

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

- ***Nostoc* sp.C**

Περιγραφή: Κύτταρα φαιο-ιώδη, τα οποία σχηματίζουν σφαιρικές αποικίες, χαρακτηριστικές για το γένος δεσμίδες (bunched) ή νήματα. Νήματα πλάτους 9,1-9,26 μm, με μονή ή διπλή

αλυσίδα κυττάρων με ευδιάκριτο κολεό, επαπτόμενο του τριχώματος. Κύτταρα σφαιρικά, διαμέτρου 3,96-6,26 μm. Δεσμίδες πλάτους 17-18.7 μm, περιβαλλόμενες από λεπτό, υαλώδη κολεό. Ετεροκύστες σφαιρικές, επάκριες, σκοτεινότερες των κυττάρων, διαμέτρου 4,66-4,9 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

- ***Nostocales***

Πλ. 7.15, Εικ. 111-119

Περιγραφή: Θαλλός έντονα κυανοπράσινος, σε σφαιρικούς περιπεπλεγμένους σχηματισμούς, συνήθως επιπλέων. Τριχώματα πράσινα πλάτους 4,48-4,65 μm και ελικοειδώς περιπεπλεγμένα. Κύτταρα βαρελοειδή, μήκους 3,32-5,00 μm. Ύπαρξη δύο τύπων ετεροκύστεων ωχρο-πράσινης απόχρωσης. Ακραία, μονόπορη ετεροκύστη, μήκους 4,14-4,91, κωνική με απεστρογγυλεμένο άκρο. Παρεμβόλιμη, δίπορη ετεροκύστη μήκους 3,72-5,34 μm και πλάτους 4,32-5,73 μm. Παρατηρήθηκε διαχωρισμός κάποιων παρεμβόλιμων ετεροκύστεων και δημιουργία νέου νήματος. Αναλυτικότερα, αρχικά η παρεμβόλιμη ετεροκύστη εμφανίζεται πεπιεσμένη στο μέσο της. Στη συνέχεια παρατηρείται ο διαχωρισμός της σε δύο μέρη τα οποία θα αποτελέσουν τις ακραίες ετεροκύστες για τα νέα νήματα. Κατά τη διαδικασία αυτή και πριν γίνει η οριστική αποκοπή των δύο ετεροκύστεων, δημιουργείται εντός της μίας ετεροκύστεως ένας σχηματισμός που ομοιάζει με κύτταρο αλλά δεν έχει κυτταρικό περιεχόμενο. Στη συνέχεια ο σχηματισμός αυτός αποκόπτεται από την ετεροκύστη και παρατηρείται η διάταξη όπως φαίνεται στις εικόνες του Παραρτήματος 1, όπου είναι οι δύο ετεροκύστες, οι οποίες δεν έχουν αποκοπεί, και στη μέση υπάρχει το «κενό κύτταρο». Τέλος, οι ετεροκύστες αποκόπτονται και με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται νέα νήματα. Σε όλες τις περιπτώσεις που εντοπίστηκε διαχωρισμός παρεμβόλιμης ετεροκύστεως, το νήμα φαίνεται να περιπλέκεται ελικοειδώς με τον εαυτό του με το ακραίο σημείο να είναι η ετεροκύστη που διαχωρίζεται. Ακινήτες με εμφανή κοκκίωση στο κυτταρικό τους περιεχόμενο, μήκους 6,56-7,2 μm και πλάτους 6,03-6,78 μm, δημιουργούνται απο-ετεροκυστικά (aroheterocytically).

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα δεν αναγνωρίστηκε ως κάποιο ήδη γνωστό είδος. Ελέγχθηκαν διάφορα γένη στα οποία θα μπορούσε να εντάσσεται το δείγμα, τα οποία όμως

απορρίφθηκαν διότι τα χαρακτηριστικά του δείγματος δεν συμβάδιζαν με αυτά των γενών. Τα γένη τα οποία ελέχθηκαν είναι τα εξής:

- *Trichormus*: Τα είδη του γένους *Trichormus* εμφανίζουν μόνο παρεμβόλιμη ετεροκύστη ενώ το δείγμα μας εμφανίζει και ακραία.
- *Wollea*: Οι ακινήτες του γένους *Wollea* αναπτύσσονται εκατέρωθεν της ετεροκύστεως, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στο δείγμα μας.
- *Anabaenopsis*: Οι ακινήτες του γένους *Anabaenopsis* αναπτύσσονται παρα-ετεροκυστικά (paraheterocytically), ενώ στο δείγμα μας οι ακινήτες αναπτύσσονται απο-ετεροκυστικά (aroheterocytically).
- *Cronbergia*: Τα είδη του γένους *Cronbergia* εμφανίζουν μόνον ακραία ετεροκύστη ενώ το δείγμα μας εμφανίζει και παρεμβόλιμη.
- *Cyanospira*: Η *Cyanospira* ήταν το γένος το οποίο ανταποκρίνεται περισσότερο με το δείγμα μας, όμως στο δείγμα παρατηρούνται και ευθέα τριχώματα ενώ τα είδη του γένους αυτού χαρακτηρίζονται από περιελυγμένα τριχώματα.

Θέσεις Ανέυρεσης: R3, RS

- ***Oscillatoria cf. ornata*** Kützing ex Gomont 1892 Πλ. 7.14, Εικ. 106-107

Περιγραφή: Τριχώματα φαιού χρώματος, πλάτους 8,81-12,66 μm, σπανίως λεπτυνόμενα. Έντονη κοκκίωση στο κυτταρικό περιεχόμενο και ελαφρά έως καθόλου σύσφιξη. Κύτταρα μήκους 2,68-4,23 μm. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό και ενίοτε λεπτυνόμενο, αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το είδος θεωρείται πολυφυλετικό με αποτέλεσμα να υπάρχουν διάφορες αποκλίσεις από το τυπικό είδος. Το δείγμα μας εμφανίζει μεγάλο πλάτος τριχώματος, το οποίο εμπίπτει στα ανώτερα όρια του είδους. Επίσης το επάκριο κύτταρο του τυπικού είδους σύμφωνα με τους Komarek & Anagnostidis (2005) είναι αποστρογγυλεμένο, ενώ στα δείγματά μας παρουσιάζεται αρκετά λεπτυνόμενο έως κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P5, A1, R2, Rb2

Εξάπλωση: Το είδος *Oscillatoria ornata* αποτελεί ένα κοσμοπολιτικό είδος το οποίο έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961).

- ***Oscillatoria cf. simplicissima*** Gomont 1892

Περιγραφή: Τριχώματα μονήρη, φαιο-καστανά, πλάτους 12-12,6 μm. Κύτταρα μήκους 3,7-5 μm με σύσφιξη και κοκκίωση στα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, χωρίς καλύπτρα.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

Εξάπλωση: Το είδος έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) ως *Oscillatoria simplicissima*.

- ***Oscillatoria crassa*** (C.B.Rao) Anagnostidis 2001 Πλ. 7.14, Εικ. 108-109

Περιγραφή: Θαλλός βαθυ-καστανός έως μελανός, εκτεταμένος και ταπητοειδής (creeping mat). Νήματα ευθέα ή ελαφρώς καμπυλωτά με έντονη ολισθητική κίνηση. Κολεός πολύ λεπτός και δυσδιάκριτος, ενίοτε απών. Τριχώματα φαιά, πλάτους 9,5-13,33 μm. Κύτταρα μήκους 1,5-4 μm, με πολύ ελαφρά σύσφιξη και ομοιογενή κοκκίωση στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο ελαφρώς αποστρογγυλεμένο, ενίοτε ημισφαιρικό, μήκους 4-6,5 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW, RS, R1, R3

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) ως *Oscillatoria ornata* var. *crassa*.

- ***Oscillatoria curviceps*** C.Agardh ex Gomont 1892 Πλ. 7.14, Εικ. 110-111

Περιγραφή: Τριχώματα ιώδη, πλάτους 10,26-13,62 μm, παραλλήλως διατεταγμένα. Κύτταρα μήκους 2,52-3,01, με αμυδρή κοκκίωση στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό και ενίοτε λεπυνόμενο, αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: A1, G

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1968).

- ***Oscillatoria nigroviridis*** Thwaites ex Gomont 1892 Πλ. 7.16, Εικ. 120

Περιγραφή: Τριχώματα φαιο-καστανά με ελαφρά σύσφιξη και πλάτους 10,25-10,59 μm. Παρουσία κοκκίων σε ολόκληρο το περιεχόμενο των κυττάρων. Κύτταρα αρκετά βραχύτερα του πλάτους με μήκος 3,8-4,85 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και σε κάποιες περιπτώσεις λεπτυνόμενο, χωρίς καλύπτρα.

Θέσεις Ανεύρεσης: P5, G

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό θαλάσσιο είδος καταγεγραμμένο και στην Ελλάδα (Anagnostidis & Golubic 1966).

- ***Oscillatoria sp.B*** Πλ. 7.16, Εικ. 121

Περιγραφή: Τριχώματα φαιο-ιώδη, πλάτους 9,26-10,12 μm. Κύτταρα μήκους 2,42-3,05 μm με αδρή κοκκίωση και σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε λεπτυνόμενο, αποστρογγυλεμένο, μήκους 4,6-5,2 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα τριχώματα που παρατηρήθηκαν είχαν αλλοιωμένη μορφή με αποτέλεσμα να μην μπορέσει να γίνει η ταξινόμηση του δείγματος σε επίπεδο είδους. Το μέγεθος των κυττάρων και η γενική μορφολογία του τριχώματος μας επιτρέπει να το προσδιορίσουμε στο γένος *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

- ***Oscillatoria sp.C***

Περιγραφή: Τρίχωμα καστανό με εμφανή κοκκίωση στο κυτταρικό περιεχόμενο. Κύτταρα μήκους 2,27-2,8 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Παρατηρήθηκε μόνο ένα νήμα και αυτό με αλλοιωμένη μορφολογία και μέσα σε βλέννη (EPS) με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να μην είναι ακριβείς και ο προσδιορισμός να οδηγεί μέχρι το επίπεδο του γένους.

Θέσεις Ανεύρεσης: R1

- ***Oscillatoria* sp.D**

Περιγραφή: Τριχώματα καστανά, μονήρη, πλάτους 10,2-10,99 μm, με εμφανή λέπτυνση στο άκρο. Κύτταρα μήκους 3,66-4,47 μm και ενίοτε με 1-2 κοκκία στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο λεπτυνόμενο, αποστρογγυλεμένο, μήκους 6,89 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα ομοιάζει με το είδος *O. perornata* Skuja 1949 όσο αφορά στο μέγεθος των κυττάρων, το επάκριο κύτταρο καθώς και την ύπαρξη κοκκίωσης στο εσωτερικό των κυττάρων. Ωστόσο, στο δείγμα δεν παρατηρείται η χαρακτηριστική για το είδος σύσφιξη καθώς διαφέρει και στην απόχρωση του τριχώματος (κάστανη έναντι ωχρής κυανοπράσινης).

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

- ***Oscillatoria subbrevis* Schmidle 1901**

Πλ. 7.16, Εικ. 123

Περιγραφή: Τριχώματα καστανά, μεμονωμένα και άκαμπτα, πλάτους 12,91 μm. Κύτταρα μήκους 3,88 μm με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, χωρίς καλύπτρα.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Αρχικά είχε ανευρεθεί σε θερμές πηγές αλλά αργότερα αναγνωρίστηκε και από άλλα ενδιαίτηματα. Στην Ελλάδα έχει ανευρεθεί από τους Anagnostidis et al. (1981).

- ***Oxynema acuminatum*** (Gomont) Chatchawan, Komárek, Strunecky, Smarda & Peerapornpisal 2012 Πλ. 7.16, Εικ. 124-126

Περιγραφή: Θαλλός εντόνως κυανοπράσινος, εκτεταμένος, σκληρής ζελατινώδους υφής, ο οποίος συσσωρεύει αέρα και δημιουργεί πλήθος φυσαλίδων. Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα και ενίοτε λεπτυνόμενα με πλάτος που κυμαίνεται από 4,09-3,59 μm στο κέντρο του νήματος και φτάνει τα 2,45-3,62 μm προς την άκρη του. Παρατηρείται πολύ έντονη κίνηση του νήματος, υπό μορφή «κυματικής ολίσθησης» που διακρίνεται πολύ έντονα στο άκρο του τριχώματος (3-5 ακραία κύτταρα), το οποίο μεταβάλλεται από ευθύ σε καμπτόμενο και αγκυλόμορφο (hooked) και ξανά πάλι ευθύ. Κύτταρα βραχύτερα του πλάτους με μήκος 1,97-2,97 μm. Ύπαρξη περιοχών με έντονο κυανο-ιώδη χρωματισμό εντός του τριχώματος που μπορεί να εκτείνονται σε 2-3 συνεχόμενα κύτταρα. Το επάκριο κύτταρο μεταβλητό όπως προαναφέρθηκε, μέγιστου μήκους 7,75 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1, P3, P4, P9, P13, P14, EI, EII, RS, R2

Εξάπλωση: Είδος θερμών πηγών και συχνά σε πηγές με υψηλή αλατότητα. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961) ως *Oscillatoria acuminata*.

- ***Phormidium acidophilum*** J.J.Copeland 1936 Πλ. 7.16, Εικ. 127

Περιγραφή: Νήματα περιπεπλεγμένα. Κολεός λεπτός, δυσδιάκριτος επαπτόμενος του τριχώματος, ενίοτε απών. Τριχώματα ελαιο-πράσινα, πλάτους 1,57-2,31 μm. Παρουσία κοκκίων στο κυτταρικό περιεχόμενο. Εγκάρσια τοιχώματα ημιδιαφανή. Κύτταρα μήκους 2,14-3,79 μm. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό.

Θέσεις Ανεύρεσης: P9, P11, P14, C2, RS

Εξάπλωση: Δεν υπάρχουν καταγραφές του είδους εντός Ευρώπης. Έχει εντοπιστεί σε όξινες θερμές πηγές του Yellowstone στην Αμερική (Copeland 1936) και στην Ινδία (Gupta 2012).

- ***Phormidium cf. abronema*** Skuja, 1901 Πλ. 7.17, Εικ. 128

Περιγραφή: Θαλλός κυανοπράσινος, μεμβρανώδης και εκτεταμένος (creeping). Νήματα πλάτους 5,97 μm, παραλλήλως διατεταγμένα και περιπεπλεγμένα, ενίοτε λεπτυνόμενα. Κολεός λεπτός και δυσδιάκριτος κατά μήκος του νήματος. Τριχώματα κυανοπράσινα, πλάτους 4,87-5 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 3,1-3,5 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή λεπτυνόμενο, κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Στο δείγμα παρατηρήθηκαν κύτταρα μεγαλύτερου πλάτους σε σύγκριση με το τυπικό είδος (4,87-5 μm έναντι 3-4,5 μm). Επίσης σύμφωνα με την περιγραφή των Komarek & Anagnostidis (2005) στα κύτταρα του είδους παρατηρείται σύσφιξη.

Θέσεις Ανεύρεσης: EII, RS

Εξάπλωση: Το είδος *Phormidium abronema* δεν έχει ανευρεθεί σε περιοχή της Ευρώπης.

- ***Phormidium cf. cortianum*** (Meneghini ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988

Περιγραφή: Τριχώματα με ωχρο-πράσινο χρωματισμό, πλάτους 4-5 μm. Κύτταρα με παρουσία κοκκίων στο εσωτερικό, μήκους 7-8 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Στα μελετηθέντα δείγματα μετρήθηκε μικρότερο πλάτος τριχώματος σε σύγκριση με εκείνο του τυπικού είδους (4-5 μm έναντι 5,2-8,6 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: P4

Εξάπλωση: Το είδος *Phormidium cortianum* έχει εντοπισθεί σε θερμές και μεταλλικές πηγές.

- ***Phormidium cf. molischii*** (Vouk) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.17, Εικ. 129-130

Περιγραφή: Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 2,93-3,07. Απουσία κολεού. Κύτταρα μήκους 1,96-2,53 μm με ομοιογενές περιεχόμενο. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, ενίοτε κωνικό με αποστρογγυλεμένο ή καμπτόμενο άκρο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το τυπικό είδος *Phormidium molischii* σύμφωνα με τους Komarek & Anagnostidis (2005) έχει κολεό ο οποίος περιβάλλει το τρίχωμα. Στο δείγμα μας δεν παρατηρήσαμε κολεό.

Θέσεις Ανεύρεσης: G

Εξάπλωση: Το είδος *Phormidium molischii* είναι γνωστό για τις εμφανίσεις του σε θερμές πηγές. Στην Ελλάδα έχει ανευρεθεί από τον Anagnostidis (1968) ως *Lyngbya molisch*.

- ***Phormidium chlorinum*** (Kützing ex Gomont) Umezaki & Watanabe 1994

Πλ. 7.17, Εικ. 131-132

Περιγραφή: Τριχώματα ωχρο-πράσινα, πλάτους 3,62-3,7 μm. Κύτταρα μήκους 2,97 μm, με 1-2 μεγάλα κοκκία στο περιεχόμενό τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: A1, EII

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος.

- ***Phormidium corium*** Gomont ex Gomont 1892

Πλ. 7.17, Εικ. 133

Περιγραφή: Τριχώματα με έντονο κυανοπράσινο χρωματισμό, πλάτους 3,36-3,57 μm. Κολεός εφαπτόμενος του τριχώματος και διακριτός μόνο στο άκρον. Κύτταρα χωρίς σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα, μήκους 4,56-5,08 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε ελαφρώς λεπτυνόμενο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P14

Εξάπλωση: Επιλιθικό, κοσμοπολιτικό είδος. Έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα (Anagnostidis 1961, Lamprinou et al. 2012).

- ***Phormidium inundatum*** Kützing ex Gomont 1892

Πλ. 7.17, Εικ. 134-135

Περιγραφή: Νήματα με ολισθητική κίνηση. Κολεός λεπτός, υαλώδης και δυσδιάκριτος. Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 4,61-5,08 μm. Κύτταρα μήκους 3,17-4,04 μm με ελαφρά σύσφιξη και ομοιογενή κοκκίωση. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε κωνικό.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Anagnostidis (1961) και Lamprinou et al. (2012).

- ***Phormidium janthiphorum*** (Gomont) Elenkin 1949 Πλ. 7.18, Εικ. 136

Περιγραφή: Τριχώματα κυανοπράσινα, μεμονωμένα, τα οποία λεπτύνονται στα άκρα. Πλάτος τριχώματος 3,19-4,17 μm, πλάτος τριχώματος στο λεπτυνόμενο άκρο 1,6-3,26 μm. Κύτταρα μήκους 3,06-3,5 μm με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο λεπτυνόμενο κωνικό, μήκους 4,63-4,87 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: G

Εξάπλωση: Δεν έχει ανευρεθεί στην Ευρώπη. Υπάρχει καταγραφή από περιοχή της Βόρειας Αμερικής (Kirkwood & Henley 2006).

- ***Phormidium kuetzingianum*** (Kirchner ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988

Περιγραφή: Νήματα μεμονωμένα, πλάτους 4,46 μm. Κολεός παχύς με εμφανή απόθεση CaCO₃. Τρίχωματα ωχρο-πράσινα, πλάτους 3,42 μm. Κύτταρα μήκους 4,1 μm, χωρίς σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Phormidium molischii*** (Vouk) Anagnostidis & Komárek 1988 Πλ. 7.18, Εικ. 137

Περιγραφή: Νήματα πλάτους 3,54-3,65 μm. Κολεός ζελατινώδης, με αποθέσεις CaCO₃. Τριχώματα κυανοπράσινα ή ωχρο-πράσινα, πλάτους 2,67-3,55 μm, τα οποία ολισθαίνουν εντός του κολεού. Κύτταρα μήκους 7,67-9,03 με κοκκίωση στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Σε θερμές πηγές. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1968) ως *Lynngbya molischi*.

- ***Phormidium molle*** Gomont 1892

Πλ. 7.18, Εικ. 138

Περιγραφή: Νήματα μονήρη. Κολεός πολύ λεπτός και άχρωμος, μη διακρινόμενος κατά μήκος του νήματος, μόνο ελάχιστα στο άκρο. Τριχώματα ωχρο-πράσινα, πλάτους 2,82-3,38 μm. Κύτταρα μήκους 7,32-9,94 μm με πολύ ελαφρά σύσφιξη και ομογενή κοκκίωση στο περιεχόμενό τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους έως 15,4 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: R2, R3

Εξάπλωση: Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961). Θεωρείται συνώνυμο του *Phormidesmis molle* (Gomont) Turicchia, Ventura, Komárková & Komárek 2009.

- ***Phormidium okenii*** (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988

Πλ. 7.18, Εικ. 139

Περιγραφή: Τριχώματα κυανοπράσινα, πλάτους 4,36 μm και ενίοτε λεπτυνόμενα. Κύτταρα μήκους 3,21-3,35 μm με ελαφρά σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό ή κωνικό, λεπτυνόμενο και ελαφρώς καμπτόμενο.

Θέσεις Ανεύρεσης: R1

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος που εντοπίζεται σε μεταλλικές και θειούχες πηγές. Οι καταγραφές από θερμές πηγές θεωρείται ότι χρειάζονται επανεξέταση.

- ***Phormidium sp. A***

Πλ. 7.18, Εικ. 140

Περιγραφή: Τριχώματα πράσινα με έντονη κύμανση, ελαφρώς λεπτυνόμενα προς το άκρο. Πλάτος τριχώματος 3,51-3,34 μm. Κύτταρα χωρίς σύσφιξη στα δυσδιάκριτα εγκάρσια

τοιχώματα, μήκους 2,25-4,53 μm. Επάκριο κύτταρο μήκους 7,43 μm, εντόνως λεπτυνόμενο και καμπτόμενο με αποστρογγυλεμένο άκρο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Η έντονη κύμανση των τριχωμάτων είναι το χαρακτηριστικό γνώρισμα το οποίο διακρίνει την ταξινομική αυτή μονάδα από τα λοιπά γνωστά είδη του γένους *Phormidium*. Ως εκ τούτου ο προσδιορισμός έμεινε σε επίπεδο γένους και χρήζει περαιτέρω έρευνας.

Θέσεις Ανεύρεσης: Ρ3

- ***Phormidium* sp.B**

Περιγραφή: Τριχώματα μονήρη ανοιχτής πράσινης απόχρωσης, πλάτους 3,09-3,32 μm. Κύτταρα μήκους 4,26-5,63 μm, με ευδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Το δείγμα ομοιάζει με το είδος *P. numidicum* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988, στο μέγεθος των κυττάρων όμως του λείπει η ελαφρά σύσφιξη καθώς και η κοκκίωση η οποία είναι παρούσα στο είδος αυτό.

Θέσεις Ανεύρεσης: Rb2

- ***Phormidium tergestinum* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988**

Πλ. 7.18, Εικ. 141

Περιγραφή: Τριχώματα φαιο-πράσινα, πλάτους 5,95 μm. Παρουσία μελανών κοκκίων στο κυτταρικό περιεχόμενο. Κύτταρα μήκους 2,78 μm με ελαφρά σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο ημισφαιρικό, μήκους 4,48 μm

Θέσεις Ανεύρεσης: Ρ3

Εξάπλωση: Πρόκειται πιθανότατα για κοσμοπολιτικό είδος με εξαίρεση τις πολικές περιοχές. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Phormidium thermobium*** Anagnostidis 2001 Πλ. 7.18, Εικ. 142-143

Περιγραφή: Νήματα με κυματοειδή με κίνηση. Κολεός λεπτός, εφαπτόμενος του τριχώματος και διακριτός μόνο στα άκρα. Τριχώματα κυανοπράσινα, πλάτους 3,64-4,7 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 3,64-4,7 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Βάσει μορφολογίας, το είδος θα μπορούσε να προσδιοριστεί και ως *Symploca muralis*, ένα είδος που έχει ανευρεθεί στη θέση RK3. Η ταυτοποίηση του δείγματος αυτού βασίστηκε στη μορφολογία του θαλλού, ο οποίος δεν εμφάνιζε ανορθωμένες δεσμίδες θυσανοειδούς μορφής (χαρακτηριστικό του γένους *Symploca*).

Θέσεις Ανεύρεσης: G

Εξάπλωση: Είδος θερμών πηγών. Έχει καταγραφεί και από την Ελλάδα.

- ***Pseudanabaena catenata*** Lauterborn 1915 Πλ. 7.19, εικ. 144

Περιγραφή: Νήματα μεμονωμένα, πλάτους 2-2,5 μm. Κολεός παχύς με αρκετή απόσταση από το τρίχωμα. Τριχώματα ωχρο-πράσινα, πλάτους 1,1-1,3 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 2-4,5 μm με απόσταση μεταξύ τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος θερμών πηγών. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Anagnostidis (1961) και Lamprinou et al. (2012).

- ***Pseudanabaena cf. rosea*** (Skuja) Anagnostidis 2001 Πλ. 7.19, Εικ. 145

Περιγραφή: Τριχώματα καστανά, πλάτους 1,27-1,44 μm και μικρού μήκους. Κύτταρα χωρίς εμφανή εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Οι Komarek & Anagnostidis (2005) αναφέρουν ότι το είδος αυτό συνήθως απαντάται εντός βλέννης (endogloic) και μεταξύ αποικιών του είδους *Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin 1933, κάτι το οποίο δεν συμβαδίζει με τον βióτοπο του δείγματός μας. Επίσης παρατηρήθηκε μόνο ένα τρίχωμα, έτσι δεν είχαμε πολλαπλές μετρήσεις.

Παρατηρήθηκε μόνο ένα νήμα. Ο βióτοπος του δείγματος διαφέρει από αυτόν που αναφέρουν οι Komarek & Anagnostidis (2005).

Θέσεις Ανεύρεσης: R2

Εξάπλωση: Το είδος *Pseudanabaena rosea* δεν έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα.

- ***Pseudanabaena galeata*** Böcher 1949 Πλ. 7.19, Εικ. 151

Περιγραφή: Τριχώματα πράσινα, πλάτους 1,42 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 2,57 μm και με πολύ ελαφρά σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο με δύο, χαρακτηριστικής διάταξης για το είδος, κοκκία στο άκρο του κυττάρου.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τους Anagnostidis (1961) και Lamprinou et al. (2012).

- ***Pseudanabaena minima*** (G.S.An) Anagnostidis 2001 Πλ. 7.19, 146-147

Περιγραφή: Τριχώματα μικρού μήκους (20-25 κύτταρα) και πλάτους 1,2-1,4 μm, με έντονη κυανοπράσινη απόχρωση. Κύτταρα βαρελοειδή (barrel-shaped), μήκους 1,3-2,06 μm, με σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1, A1, CW, EII, R3

Εξάπλωση: Εντοπίζεται σε θερμές πηγές και αλμυρά ύδατα. Έχει περιγραφεί από περιοχή της Κορέας (Park 2012) αλλά και από την Ευρώπη (Ισπανία) (De la Rosa Álamos 2016). Δεν έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα.

- ***Schizothrix cf. calcicola*** Gomont 1892 Πλ. 7.19, Εικ. 148

Περιγραφή: Νήματα περιπεπλεγμένα. Κολεός λεπτός και δυσδιάκριτος, με αποθέσεις CaCO₃. Τριχώματα ωχρο-πράσινα, σχεδόν άχρωμα, πλάτους 0,7 μm. Κύτταρα μήκους 1,2 μm. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε ελαφρώς κωνικό.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Στα δείγματά μας παρατηρούνται και ελαφρώς κωνικά επάκρια κύτταρα, μορφολογία που δεν αναφέρεται στον 'τύπο' του είδους *Schizothrix lardacea*.

Θέσεις Ανεύρεσης: A1

Εξάπλωση: Το είδος *Schizothrix calcicola* αποτελεί ένα κοινό είδος θερμών πηγών στην Ευρώπη και έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1968).

- ***Schizothrix cf. lardacea*** Gomont 1892 Πλ. 7.19, Εικ. 149-150

Περιγραφή: Νήματα περιπεπλεγμένα. Κολεός λεπτός και δυσδιάκριτος. Τριχώματα πράσινα, πλάτους 2,4-2,97 μm. Κύτταρα μήκους 5,42-6,26 μm, με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε κωνικό με αποστρογγυλεμένο άκρο.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μελετηθέντα δείγματα έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις κυττάρων σε σύγκριση με τον τύπο του είδους (πλάτος κυττάρων 2,4-2,97 μm έναντι 1,5-2 μm και μήκος 5,42-6,26 μm έναντι 2-3,5 μm).

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

Εξάπλωση: Το είδος *Schizothrix lardacea* είναι κοσμοπολιτικό είδος και έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1968).

- ***Schizothrix lardacea*** Gomont 1892

Πλ. 7.20, Εικ. 152-153

Περιγραφή: Θαλλός παχύς, στρωματοειδής και άκαμπτος. Νήματα περιπεπλεγμένα, πλάτους 1,98-2,25 μm. Κολεός εφαπτόμενος του τριχώματος δυσδιάκριτος και ενίοτε απών. Τριχώματα κυανοπράσινου ή ανοιχτού πράσινου χρώματος με πλάτος 1,31-1,52 μm. Κύτταρα με ελαφρά σύσφιξη στα εγκάρσια τοιχώματα και μικρό διάστημα μεταξύ των κυττάρων. Κύτταρα μήκους 1,95-3,72. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο και ενίοτε λεπτυνόμενο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P2, P14

Εξάπλωση: Επιλιθικό είδος με παγκόσμια εξάπλωση συνήθως κοντά σε πηγές. Ύπαρξη καταγραφών από την Ελλάδα (Anagnostidis 1968, Lamprinou et al. 2012).

- ***Schizothrix sp.A***

Περιγραφή: Τριχώματα ανοιχτής πράσινης απόχρωσης, πλάτους 2,52-2,78 μm. Κύτταρα κυλινδρικά, μήκους 3,94-4,39 μm, χωρίς σύσφιξη. Επάκριο κύτταρο μήκους 6,18 μm, λεπτυνόμενο με αποστρογγυλεμένο άκρο και πιο ωχρή απόχρωση. Παρατηρήθηκαν κενοί, παχείς κολεοί, οι οποίοι πιθανώς να ανήκουν στα τριχώματα αυτά.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του δείγματος (επάκριο κύτταρο, παχύς κολεός) ανταποκρίνονται στο γένος *Schizothrix* Kutzing ex M. Gomont, 1892. Είδη τα οποία μοιάζουν με την παραπάνω περιγραφή είναι το *S. lardacea* Gomont 1892 και *S. yellowstonensis* (J.J.Copeland) Anagnostidis & Komárek 2001. Το πρώτο είδος όμως έχει μικρότερου μεγέθους κύτταρα (πλάτος: 1,5-2 μm και μήκος: 2-3,5 μm), ενώ στο δεύτερο παρατηρείται κοινός κολεός ο οποίος περιβάλλει 3-5 παραλλήλως διατεταγμένα τριχώματα, κάτι το οποίο δεν παρατηρήσαμε στο δείγμα μας.

Θέσεις Ανεύρεσης: RS

- ***Spirulina cf. labyrinthiformis*** Gomont 1892

Πλ. 7.20, Εικ. 154-155

Περιγραφή: Τριχώματα μονήρη, ωχρο-πράσινα. Πλάτος έλικας 1,92-2,01 μm. Πλάτος τριχώματος 0,45 μm. Βήμα έλικας 0,92 μm (μεγαλύτερο του πλάτους).

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Στα δείγματα μετρήθηκε βήμα έλικας μεγαλύτερο του πλάτους της λόγω κενού μεταξύ των σπειρών του τριχώματος. Στον 'τύπο' του είδους *Spirulina labyrinthiformis* αναφέρεται ότι οι σπείρες εφάπτονται μεταξύ τους.

Θέσεις Ανεύρεσης: CW, R3

Εξάπλωση: Το είδος *Spirulina labyrinthiformis* είναι κοσμοπολιτικό είδος θερμών και αλμυρών πηγών και έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τους Anagnostidis & Golubic (1966).

- ***Spirulina subsalsa*** Oersted ex Gomont 1892 Πλ. 7.20, Εικ. 156

Περιγραφή: Πράσινα, ελικοειδή, μονήρη τριχώματα με περιστροφή που ακολουθεί τη 'φορά του ωρολογίου' (clockwise spiral). Πλάτος έλικας: 2,3-3,46 μm. Πλάτος τριχώματος: 0,7-2,3 μm. Βήμα έλικας: 1-2,35 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P12, G, Rb2, R3

Εξάπλωση: Θερμές και μεταλλιούχες πηγές σε εσωτερικά αλμυρά ύδατα. Κοσμοπολιτικό είδος το οποίο έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961).

- ***Spirulina subtilissima*** Kützing ex Gomont 1892 Πλ. 7.20, Εικ. 157-159

Περιγραφή: Θαλλός με κίτρινο ή ωχρο-πράσινο χρωματισμό. Τριχώματα επίσης ωχρο-πράσινα, περιπεπλεγμένα. Κίνηση τριχωμάτων ακανόνιστα περιστροφική. Πλάτος έλικας: 1,27-3 μm. Πλάτος τριχώματος: 0,6-1,2 μm. Βήμα έλικας: 0,5-1,5 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1, P4, P5, P8, P9, P10, P12, P13, P14, A1, A2, C1, C2, CW, EI, EII, G, I, RS, R2, Rb2, R3

Εξάπλωση: Θερμές και θειούχες πηγές. Κοσμοπολιτικό είδος με καταγραφή και από την Ελλάδα (Anagnostidis 1961).

- ***Spirulina tenerrima*** Kützing ex Gomont 1892

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Όλα τα μορφολογικά γνωρίσματα του παρατηρηθέντος δείγματος ανταποκρίνονται πλήρως προς τον τύπο του είδους.

Θέσεις Ανεύρεσης: P14

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό είδος το οποίο έχει καταγραφεί και στην Ελλάδα (Anagnostidis 1961).

- ***Spirulina tenuior*** (Lagerheim) Kirchner 1900 Πλ. 7.21, Εικ. 160

Περιγραφή: Τριχώματα μονήρη, ωχρά, σχεδόν άχρωμα. Πλάτος έλικας: 1,82-1,89 μm. Πλάτος τριχώματος: 0,88-0,96 μm. Βήμα έλικας: 1,23-1,27 μm

Θέσεις Ανεύρεσης: CW

Εξάπλωση: Αναφέρεται από την Ευρώπη (Latvia). Το είδος αυτό δεν έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα.

- ***Symploca cartilaginea*** Gomont 1892 Πλ. 7.21, Εικ. 162

Περιγραφή: Νήματα παραλλήλως διατεταγμένα, πλάτους 4,08-4,24 μm με ολισθητική κίνηση. Κολεός παχύς, δερματώδης, επαπτόμενος του τριχώματος. Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 3,82-3,89 μm. Κύτταρα σχεδόν ισοδιαμετρικά, μήκους 4,2-4,72 μm. Επάκριο κύτταρο λεπυνόμενο, αποστρογγυλεμένο, μήκους 9,61 μm, με ελαφρώς πιο κιτρινωπή απόχρωση.

Θέσεις Ανεύρεσης: A2

Εξάπλωση: Αναφέρεται από την Ευρώπη (Belgium) αλλά δεν έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα.

- ***Symploca muralis*** Kützing ex Gomont 1892 Πλ. 7.21, Εικ. 162-163

Περιγραφή: Θαλλός 'θυσσανώδης' (erected fascicles), μακροσκοπικά μελανός αλλά κατά τη στερεοσκοπική παρατήρηση κυανοπράσινος. Νήματα πλάτους 4,17 μm, παραλλήλως διατεταγμένα και περιπεπλεγμένα (με χαρακτηριστική για το γένος διάταξη). Κολεός λεπτός και υαλώδης αλλά ευδιάκριτος στα άκρα του νήματος. Τριχώματα εντόνως κυανοπράσινα, πλάτους 3,43 μm. Κύτταρα μήκους 4-5,37 μm, βαρελοειδή. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο ή ελαφρώς κωνικό, μήκους 7,3 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: R3

Εξάπλωση: Κοσμοπολιτικό επιλιθικό είδος. Θεωρείται ότι οι καταγραφές από θερμές πηγές χρειάζονται επανεξέταση. Στην Ελλάδα έχει ανευρεθεί από τους Lamprinou et al. (2012).

- ***Symploca thermalis*** Gomont 1892 Πλ. 7.21, Εικ. 164-165

Περιγραφή: Θαλλός 'θυσσανώδης' (erected) και εκτεταμένος, με έντονο χρωματισμό (ελαιοπράσινο έως σκοτεινό πράσινο). Νήματα παραλλήλως διατεταγμένα (διάταξη χαρακτηριστική του γένους) με περιστροφική κίνηση. Ύπαρξη ψευδούς διακλάδωσης, χαρακτηριστικής για το είδος. Υαλώδης κολεός ενίοτε με ίζημα CaCO₃. Τριχώματα ελαιοπράσινα, πλάτους 1,5-4 μm. Κύτταρα μήκους 2-5 μm, χωρίς σύσφιξη, και ενίοτε με κοκκίωση στο εσωτερικό τους. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο, μήκους 3-4 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P4, P6, P8, P12, C2

Εξάπλωση: Θερμές πηγές. Έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961).

- ***Synechococcus bigranulatus*** Skuja 1933 Πλ. 7.21, Εικ. 166-167

Περιγραφή: Εκτεταμένες αποικίες αποτελούμενες από ραβδόμορφα ωχρο-πράσινα κύτταρα, σπανίως μεμονωμένα, συνήθως ανά δυάδες. Παρατηρήθηκαν τα χαρακτηριστικά για το είδος αυτό 'πολικά κοκκία' (κοκκία στις δύο άκρες του κυττάρου). Διαστάσεις κυττάρου: 6μm μήκος και 2,2 μm πλάτος.

Θέσεις Ανεύρεσης: P9

Εξάπλωση: Απαντάται σε θερμές πηγές παγκοσμίως. Έχει καταγραφεί στον Ελλαδικό χώρο από τον Anagnostidis (1961) ως *Synechococcus elongatus f. thermalis*.

- ***Synechococcus elongatus f. thermalis*** Geitler 1935 Πλ. 7.22, Εικ. 168-169

Περιγραφή: Κυανοπράσινα ραβδόμορφα κύτταρα συνήθως ως δυάδες, σπανίως ανά τρία. Μήκος κυττάρων συνήθως κυμαινόμενο από 4,44 μm έως 5,94 μm, αλλά ουδέποτε μεγαλύτερο από 15 μm. Πλάτος κυττάρων: 2,44-3,39 μm.

Ταξινομικές Παρατηρήσεις: Ως προς τα μορφολογικά γνωρίσματα ανταποκρίνεται πλήρως προς τον τύπο του είδους *Synechococcus elongatus* όπως αναφέρεται από τους Komárek & Anagnostidis (1999). Ωστόσο ο προσδιορισμός του ως *f. thermalis* Geitler έγινε βάσει οικολογίας (ανεύρεση σε θερμές πηγές, βλ. και Anagnostidis 1961).

Θέσεις Ανεύρεσης: P3, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, C1, C2, EOTII

- ***Synechococcus nidulans*** (Pringsheim) Komárek in Bourrelly 1970 Πλ. 7.22, Εικ. 170

Περιγραφή: Μεγάλες αποικίες με πυκνή διάταξη κυττάρων, οι οποίες δεν περιβάλλονται από θήκη. Τα κύτταρα εμφανίζονται συνήθως μονήρη ή ανά δυάδες. Διαστάσεις κυττάρων: 2,87 μm πλάτος και 4,61 μm μήκος.

Θέσεις Ανεύρεσης: A2

Εξάπλωση: Υπάρχουν καταγραφές του είδους σε Ευρώπη, Ασία, Αμερική και Αυστραλία. Δεν υπάρχει καταγραφή από την Ελλάδα.

- ***Synechocystis minuscula*** Woronichin 1926 Πλ. 7.22, Εικ. 171

Περιγραφή: Κύτταρα κυανοπράσινα, ανά δυάδες ή και μονήρη. Τα μονήρη κύτταρα είναι σφαιρικά, ενώ στις δυάδες εμφανίζονται ως ελαφρώς ωσειδή. Διάμετρος κυττάρων 2-2,3 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: I

Εξάπλωση: Απαντάται συνήθως σε αλκαλικές και μεταλικές πηγές. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961).

- ***Synechocystis salina*** Wislouch 1924

Πλ. 7.22, Εικ. 172, 173

Περιγραφή: Αποικίες δισκοειδείς, διαμέτρου 138,61-160,81 μm. Κύτταρα κυανοπράσινα, σφαιρικά, μονήρη ή ανά δυάδες. Η διάμετρος των κυττάρων κυμαίνεται από 2,95 μm έως 5,4 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P1, P3, P8, CW

Εξάπλωση: Απαντάται σε αλμυρά και αλκαλικά ύδατα σε όλη την Ευρώπη.

- ***Synechocystis thermalis*** J.J.Copeland 1936

Πλ. 7.22, Εικ. 174-175

Περιγραφή: Μεγάλες αποικίες με πυκνώς διατεταγμένα κύτταρα. Κύτταρα κυρίως σφαιρικά τα οποία απαντώνται μονήρη ή ανά δυάδες. Διάμετρος κυττάρων 1,62-2,04 μm.

Θέσεις Ανεύρεσης: P8

Εξάπλωση: Θερμές πηγές. Έχει ανευρεθεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1961).

- ***Trichocoleus delicatulus*** (West & G.S.West) Anagnostidis 2001

Πλ. 7.23, Εικ. 176-177

Περιγραφή: Νήματα (5-6) παραλλήλως διατεταγμένα εντός κοινού δυσδιάκριτου κολεού. Τριχώματα φαιοπράσινα, πλάτους 1,58 μm. Κύτταρα μήκους 3-3,5 μm με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα. Επάκριο κύτταρο αποστρογγυλεμένο.

Θέσεις Ανεύρεσης: P10

Εξάπλωση: Το είδος αυτό έχει καταγραφεί στην Ελλάδα από τον Anagnostidis (1968) ως *Microcoleus delicatulus*.

5.3. ΠΡΩΤΟΙ ΕΠΟΙΚΙΣΤΕΣ (ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΙ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ – PIONEERS)

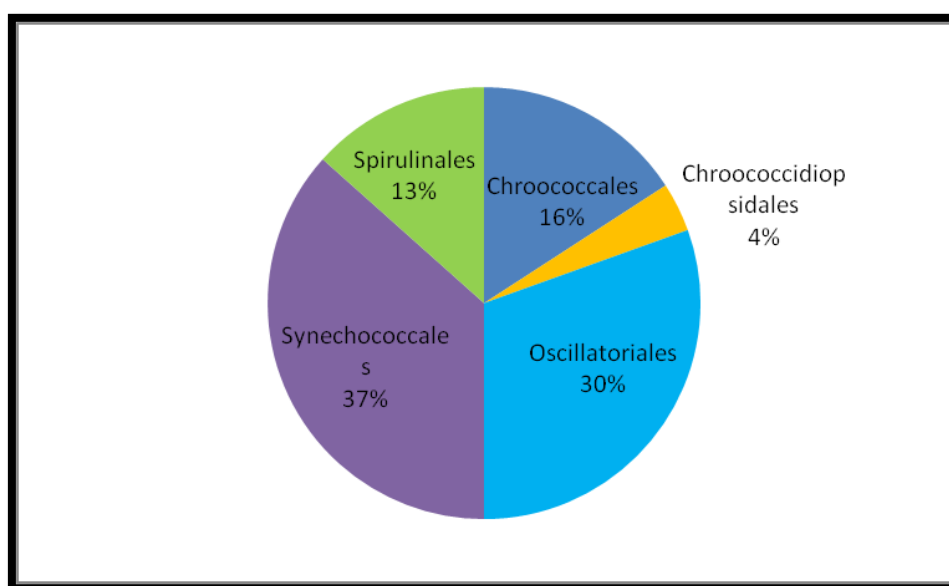
Ως πρώτοι εποικιστές (pioneers) έχουν χαρακτηριστεί (βλ. κεφάλαιο εισαγωγή) οι οι οποίοι εγκαθίστανται πρώτοι σε μία επιφάνεια και δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες ώστε να είναι ευκολότερη η εγκαθίδρυση και άλλων οργανισμών στο σημείο αυτό. Ως εποικιστές συνολικά αναγνωρίστηκαν με κλασική μικροσκοπία 46 μορφότυποι (34 σε επίπεδο είδους, 4 σε επίπεδο γένους και 8 αναγνωρίστηκαν ως cf.) από 15 θέσεις. Στον πίνακα 9 αναφέρονται τα είδη και οι θέσεις ανεύρεσης. Τα περισσότερα είδη αναγνωρίστηκαν από μία ή δύο θέσεις μόνο, όμως υπάρχουν και άλλα είδη τα οποία ανευρέθησαν σε περισσότερες. Ο πιο κοινός πρωτοπόρος οργανισμός φαίνεται να είναι το είδος *Spirulina subtilissima*, το οποίο αναγνωρίστηκε σε 9 θέσεις (από τις 15 στο σύνολο), ακολουθεί το *Synechococcus elongatus* το οποίο ανευρέθη σε 8 θέσεις και στη συνέχεια είναι το *Oxyteta acuminatum* το οποίο ανευρέθη σε 5 θέσεις.

Πίνακας 9 Σύνολο ταξινομικών μονάδων που αναγνωρίστηκαν ως πρώτοι εποικιστές και οι αντίστοιχες θέσεις ανεύρεσης.

Είδη	Θέσεις Ανεύρεσης
<i>Aphanocapsa fuscolutea</i>	P1
<i>Aphanothece cf. microscopica</i>	P1
<i>Chroococciopsis thermalis</i>	P10, P11, P12
<i>Chroococcus lithophilus</i>	P3
<i>Chroococcus minutus</i>	P1, P5
<i>Chroococcus subsphaericus</i>	P11, P12
<i>Chroococcus thermalis</i>	P5
<i>Chroococcus turgidus</i>	P5, P14
<i>Cyanobacterium minervae</i>	P14
<i>Cyanosarcina cf. thalassia</i>	P12
<i>Cyanosarcina cf. thermalis</i>	P3, P9
<i>Geitlerinema amphibium</i>	P8
<i>Geitlerinema amphibium f. circinata</i>	P10
<i>Kamptonema formosum</i>	P3
<i>Kamptonema laetevirens</i>	P3
<i>Kamptonema sp.A</i>	P3
<i>Komvophoron halobium</i>	P5

<i>Leptolyngbya cf. ferruginea</i>	P14
<i>Leptolyngbya cf. thermobia</i>	P9
<i>Leptolyngbya laminosa</i>	P4
<i>Leptolyngbya lurida</i>	P3, P14
<i>Leptolyngbya orientalis</i>	P1
<i>Leptolyngbya sp.A</i>	P12
<i>Leptolyngbya sp.B</i>	P13
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	P3
<i>Leptolyngbya thermalis</i>	P10, P11, P12
<i>Oscillatoria cf. ornata</i>	P5
<i>Oscillatoria nigroviridis</i>	P5
<i>Oxynema acuminatum</i>	P1, P3, P4, P9, P13, P14
<i>Phormidium acidophilum</i>	P11, P14
<i>Phormidium cf. chlorinum</i>	P9
<i>Phormidium cf. cortianum</i>	P4
<i>Phormidium corium</i>	P14
<i>Phormidium sp.A</i>	P3
<i>Phormidium tergestinum</i>	P3
<i>Pseudanabaena minima</i>	P1
<i>Schizothrix lardacea</i>	P2, P14
<i>Spirulina subsalsa</i>	P12
<i>Spirulina subtilissima</i>	P1, P4, P5, P8, P9, P10, P12, P13, P14
<i>Spirulina tenerrima</i>	P14
<i>Symploca thermalis</i>	P4, P6, P8, P12
<i>Synechococcus bigranulatus</i>	P9
<i>Synechococcus elongatus</i>	P3, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14
<i>Synechocystis salina</i>	P1, P3, P8
<i>Synechocystis thermalis</i>	P8
<i>Trichocoleus delicatulus</i>	P10

Στην Απεικόνιση 5.18 παρουσιάζεται ένα αθροιστικό διάγραμμα με τους πρωτοπόρους οργανισμούς (pioneers) όλων των θέσεων (15). Η κυρίαρχη τάξη είναι η Synechococcales με ποσοστό 37% ενώ ακολουθεί η Oscillatoriales με 30%. Ακολουθούν οι τάξεις Chroococcales (16%), Spirulinales (13%) και Chroococcidiopsidales (4%). Η τάξη Nostocales δεν εμφανίστηκε καθόλου ανάμεσα στους πρωτοπόρους οργανισμούς. Από το διάγραμμα επίσης παρατηρούμε ότι το 67% των ειδών που προσδιορίστηκαν ανήκουν στις τάξεις των Synechococcales και Oscillatoriales ενώ λίγα ήταν τα κοκκοειδή κυανοβακτήρια τα οποία αναγνωρίστηκαν ως πρωτοπόροι οργανισμοί. Αναλυτικά διαγράμματα με τους πρωτοπόρους οργανισμούς (pioneers) για κάθε θέση ξεχωριστά παρουσιάζονται στο Παράρτημα 4.



Απεικόνιση 5.1 Διάγραμμα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης των τάξεων των κυανοβακτηρίων που εμφανίστηκαν ως πρώτοι εποικιστές από όλες τις δειγματοληπτικές θέσεις (P1-P15).

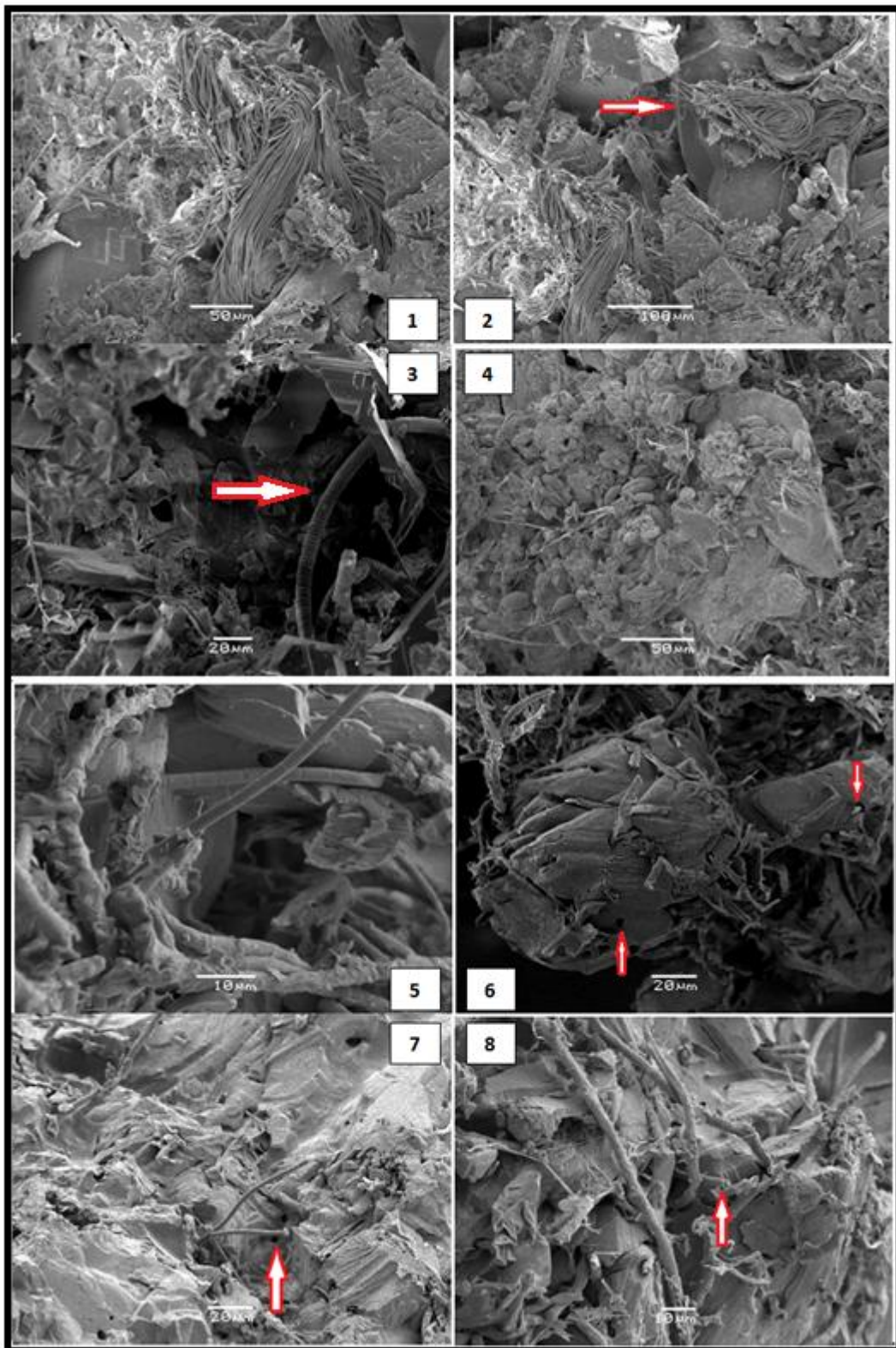
5.4. ΒΙΟ-ΟΡΥΚΤΟΓΕΝΕΣΗ

Στην παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία, ένας από τους στόχους ήταν και η μελέτη της συμβολής των Κυανοβακτηρίων στις διαδικασίες βιο-ορυκτογένεσης καθώς και αποδόμησης των θερμογενών τραβερτινών. Ως εκ τούτου έγινε μελέτη των αποθέσεων θερμογενών τραβερτινών καθώς και των κυανοβακτηρίων που διαβιούν σε αυτούς.

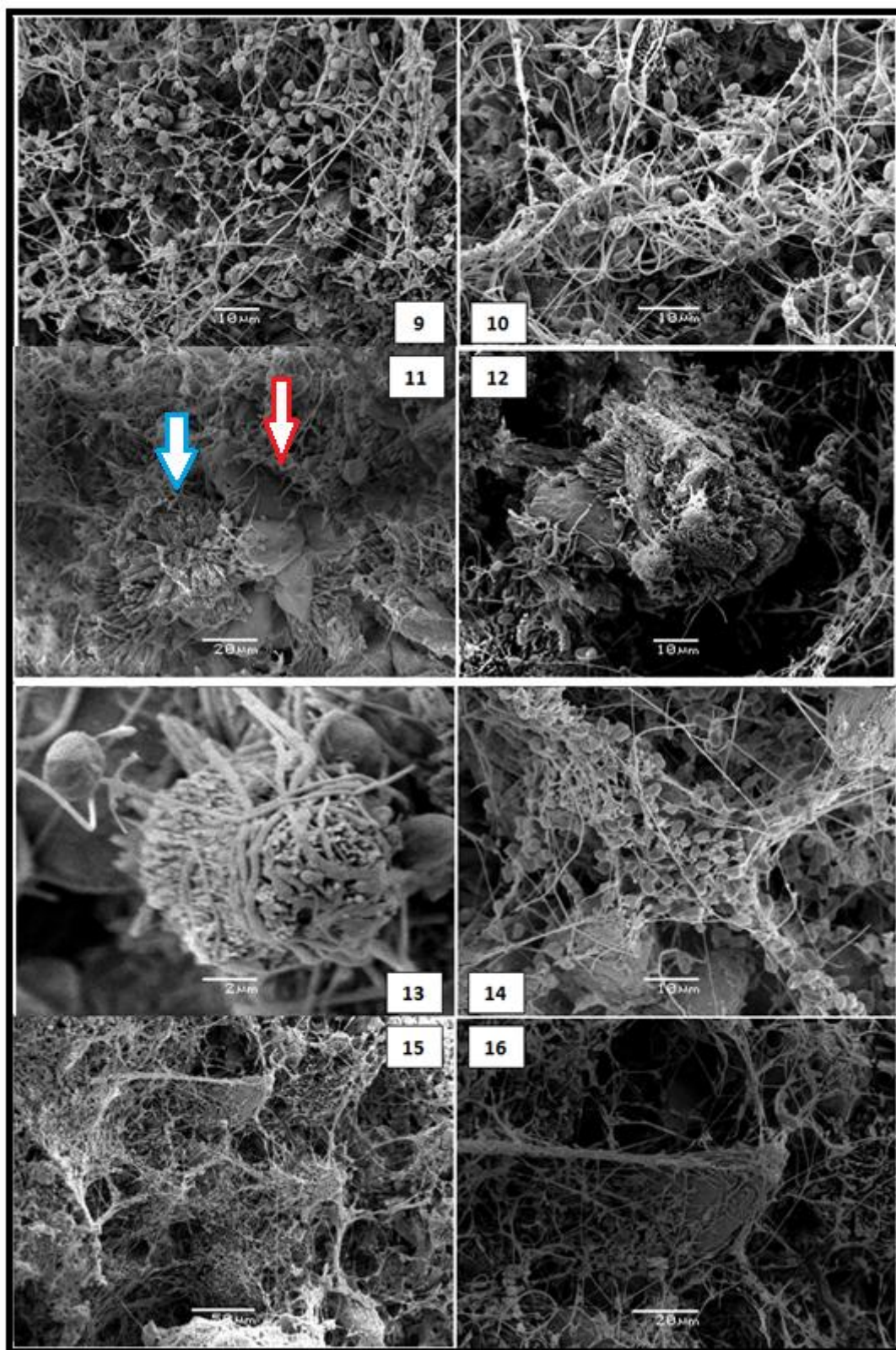
Τα Κυανοβακτήρια είναι οι κυρίαρχοι φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί που διαβιούν σε θερμές πηγές καθώς και σε τραβερτινικά υποστρώματα παγκοσμίως, έχοντας έναν κυρίαρχο ρόλο στη βιοτική εναπόθεση του ανθρακικού ασβεστίου, η οποία συμβαίνει μέσω διαφόρων μεταβολικών διεργασιών όπως πχ φωτοσύνθεση (Riding 2000, Beltrán-Magos et al. 2013). Εκτός αυτού τα κυανοβακτήρια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο και στην αποδόμηση των ανθρακικών υποστρωμάτων μέσω της διάβρωσης των τραβερτινών (Pentecost 2003, 2005, Pentecost & Whitton 2000, Whitton et al. 2012).

Οι θερμογενείς τραβερτίνες της ευρύτερης περιοχής της Αιδηψού κυρίως δημιουργούνται από *in-situ* καθίζηση, ωστόσο οι λιθότυποι που απαντώνται μπορεί να οφείλονται όχι μόνο σε ανόργανη διαδικασία (όπου η απελευθέρωση του διοξειδίου του άνθρακα δημιουργεί υπερκορεσμένο διάλυμα και καθίζηση ανθρακικού ασβεστίου) αλλά και σε βιογενείς διαδικασίες ή σε συνδυασμό τους (Chafetz and Folk 1984, Jones et al. 2005).

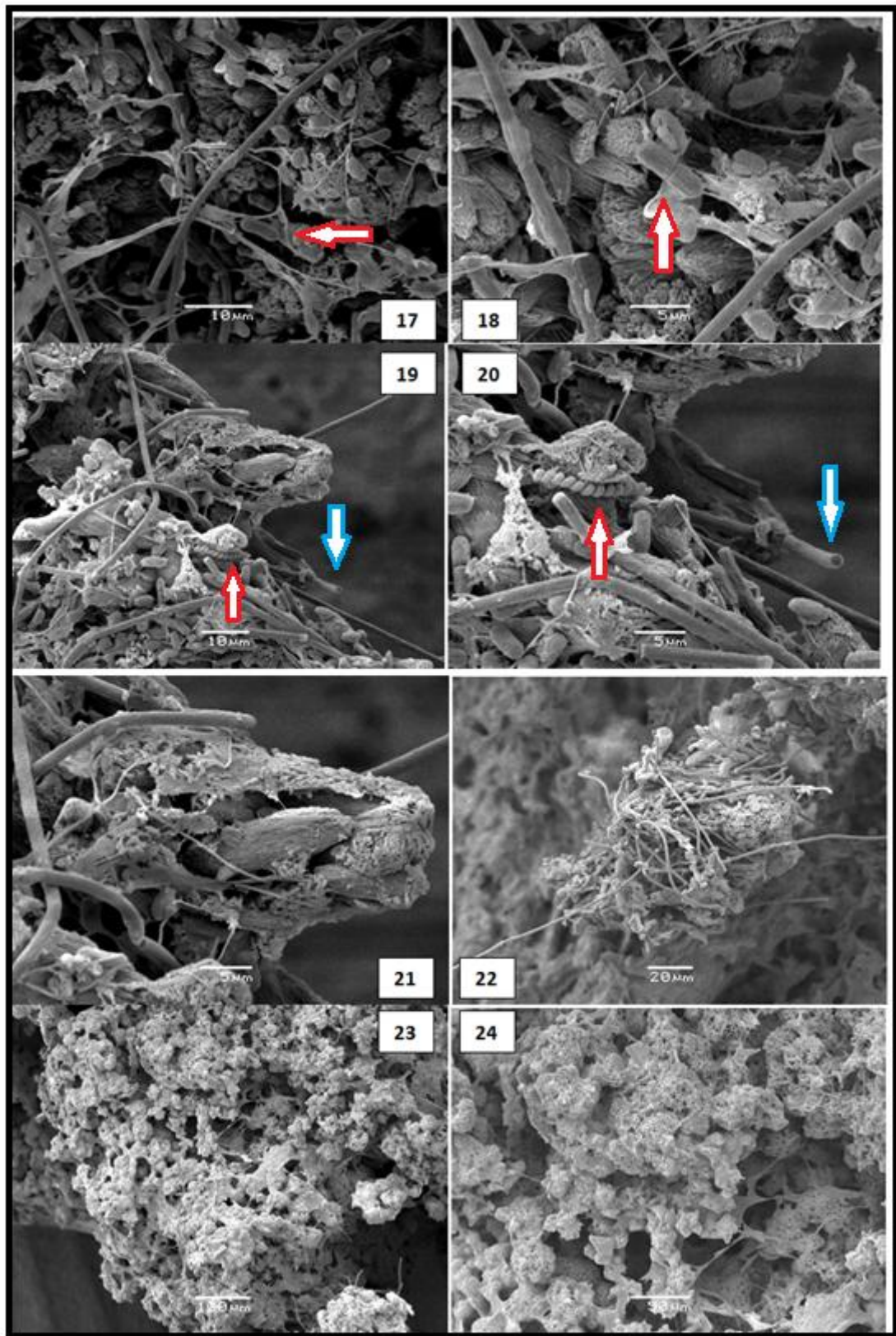
Ακολουθούν χαρακτηριστικές φωτογραφίες τόσο από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) όσο και από το φωτονικό στερεοσκόπιο που αποδεικνύουν τη συμβολή των Κυανοβακτηρίων στη δημιουργία των θερμογενών τραβερτινών, μέσω διεργασιών βιο-ορυκτογένεσης καθώς και στην αποδόμηση αυτών.



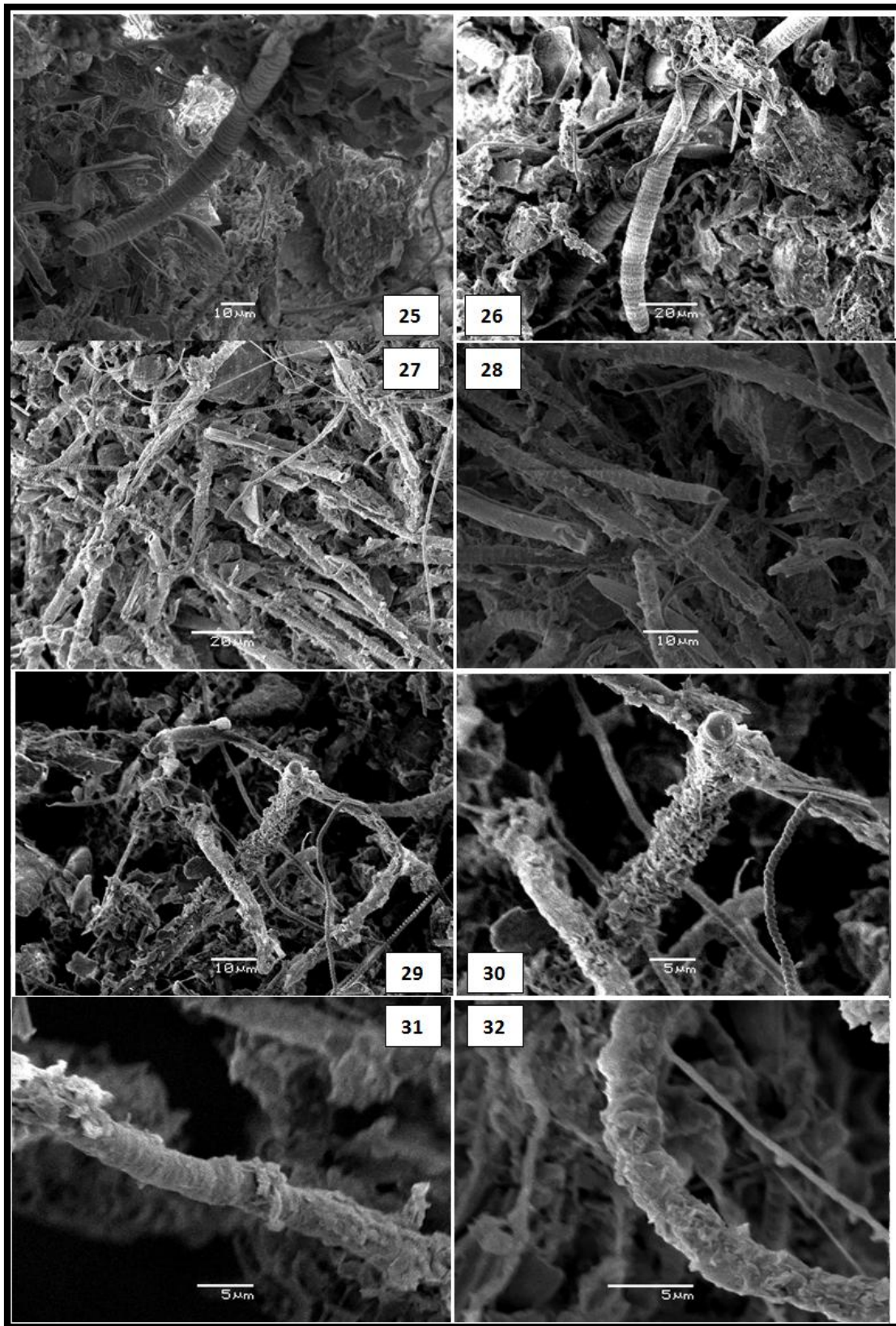
Πλαίσιο Εικόνων 5.1 (1-4) Απεικονίσεις SEM από τη θερμοπηγή «Γέφυρα», (5-8) Απεικονίσεις SEM από σταλακτίτη της πηγής «Πλατάνια». (1-2) *Geitlerinema amphibium* f. *circinata* με χαρακτηριστικά «δακτυλιοειδώς» περιελιγμένα τριχώματα επικαθήμενα των κρυστάλλων, (3) Νήμα του γένους *Oscillatoria* (βέλος), (4) Θυρίδες διατόμων ενσωματωμένες στην ένυδρη μήτρα EPS και 'gothic arc' δομές κρυστάλλων, (5) Νήματα του γένους *Leptolyngbya* εξερχόμενα από το υπόστρωμα, (6) Οπές στο πέτρωμα που υποδεικνύουν παρουσία ενδολιθικών κυανοβακτηρίων, (7) Νήματα του ενδολιθικού είδους *Leptolyngbya perforans*. Στο βέλος οι οπές στο ανθρακικό υπόστρωμα που υποδεικνύουν τη διαδικασία της αποδόμησης, (8) Ίχνη και οπές στο πέτρωμα λόγω της παρουσίας λιθοβιοτικών κυανοβακτηρίων. Ενασβεστωμένες χαρακτηριστικές κυανοβακτηριακές θήκες (σωλήνες /tubes).



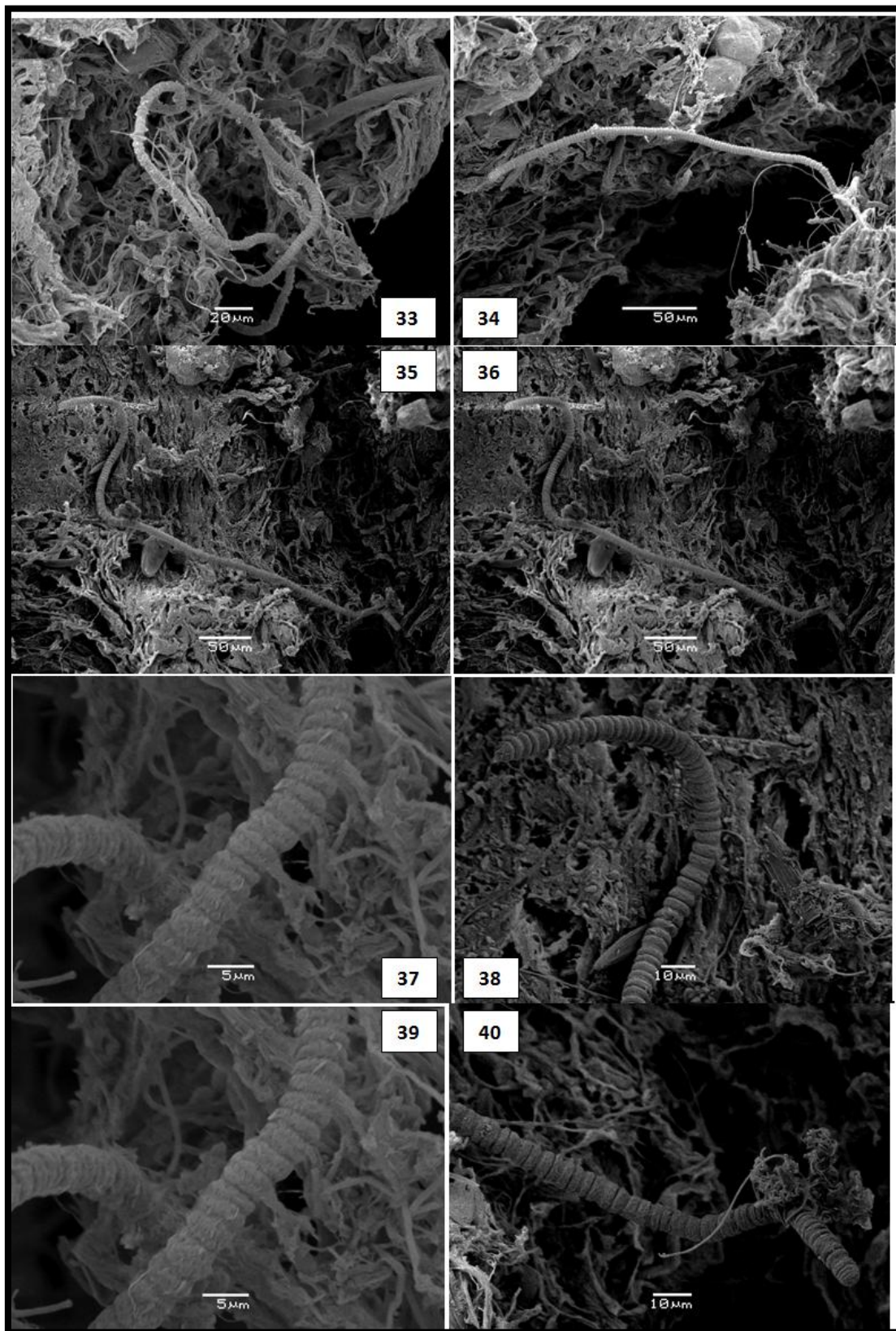
Πλαίσιο Εικόνων 5.2 Απεικονίσεις SEM από τις θερμοπηγές του ΕΟΤ. (9-10) Αντιπρόσωποι των γενών *Arhanothece* και *Leptolyngbya*, οι οποίοι συγκρατούν τους κρυστάλλους, (11) Δεξιά (μπλε βέλος) παρατηρούνται κρύσταλλοι ασβεστίτη, ενώ αριστερά (κόκκινο βέλος) κρύσταλλοι αραγωνίτη, (12) Κρύσταλλος αραγωνίτη με περιπεπλεγμένα κυανοβακτηριακά νήματα, (13) Κρύσταλλος αραγωνίτη συγκατατούμενος από νηματοειδή κυανοβακτήρια, (14) Συγκράτηση κρυστάλλων από άτομα του γένους *Arhanothece*, (15) Βιοτική ενύδρη μήτρα εξωπολυσακχαριτών (EPS) και δημιουργία πλέγματος συγκράτησης κρυστάλλων, (16) Νήματα κυανοβακτηρίων και ενύδρη μήτρα EPS που προωθούν τη συγκράτηση των κρυστάλλων ασβεστίτη.



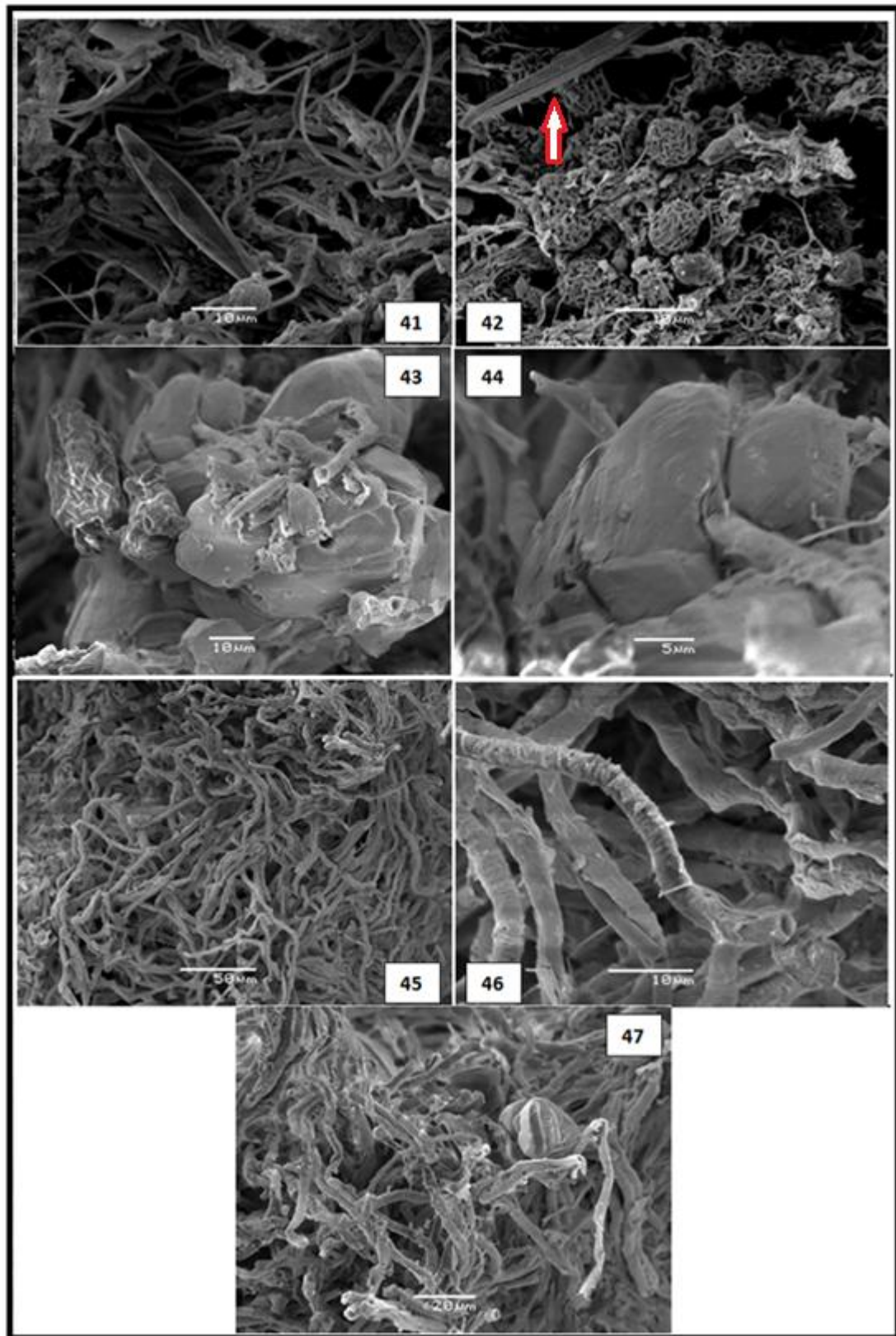
Πλαίσιο Εικόνων 5.3 Απεικονίσεις SEM από τη θέση P13 των θερμοπηγών του ΕΟΤ. (17-18) Κυτταρική διαίρεση ατόμων του είδους *Synechococcus elongatus*, καθώς και νήματα κυανοβακτηρίων (19-20) Νήμα του γένους *Spirulina* (κόκκινο βέλος) που συγκρατεί κρύσταλλο ανθρακικού ασβεστίτη και ενασβεστωμένη θήκη (μπλε βέλος) νηματοειδούς κυανοβακτηρίου, (21) Σύμπλεγμα κρυστάλλων καλυμμένο με εξωπολυσακχαρίτες (EPS), (22) Κρύσταλλος συγκρατούμενος από νηματοειδή κυανοβακτήρια χωρίς την παρουσία εξωπολυσακχαριτών (EPS), (23-24) Πορώδεις κρύσταλλοι ανάμεσα σε εξωπολυσακχαρίτες (EPS).



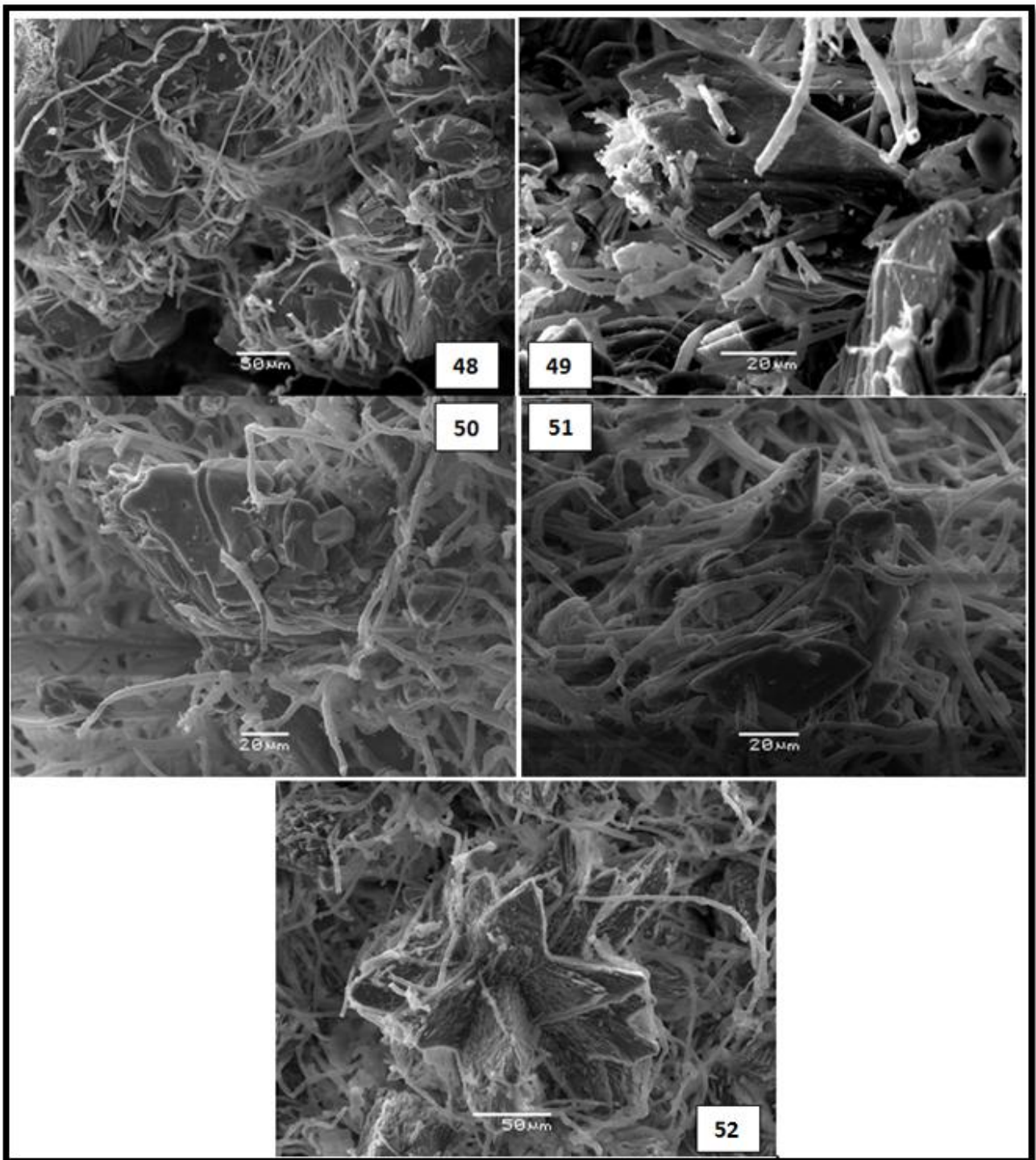
Πλαίσιο Εικόνων 5.4 Απεικονίσεις SEM από τη θερμοπηγή «Πλατάνια». (25-30) Νήματα από τα γένη *Oscillatoria* και *Spirulina* και ύπαρξη ενασβεστωμένων θηκών κυανοβακτηρίων, (29-30) Βαρέως ενασβεστωμένες θήκες κυανοβακτηρίων, (31-32) Τμήμα νήματος του είδους *Johannesbaptistia pellucida*.



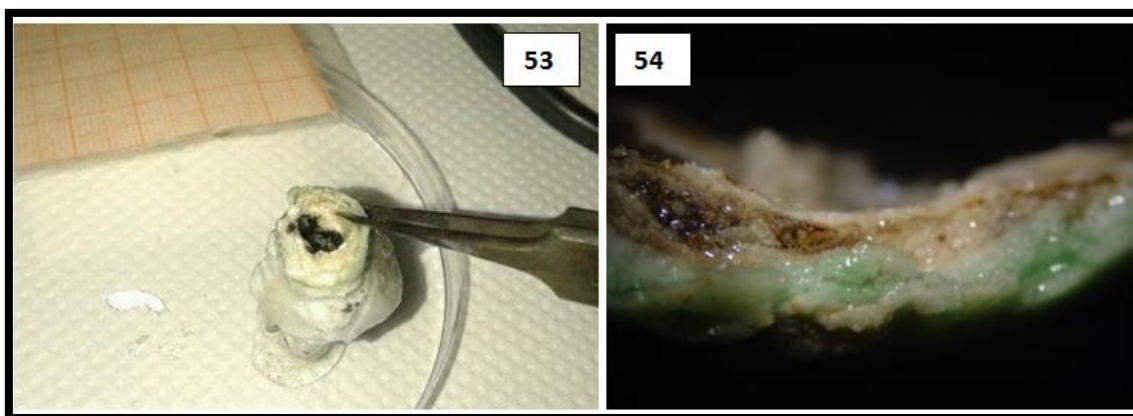
Πλαίσιο Εικόνων 5.5 Απεικονίσεις SEM από τη θέση CW της θερμοπηγής «Καζίνο» (33-36) Νήμα του είδους *Johannesbaptistia pellucida* όπου φαίνεται χαρακτηριστικά το μεγάλο μήκος του νήματος, (37-39) Χαρακτηριστικής δισκοειδούς μορφής κύτταρα του είδους *Johannesbaptistia pellucida*, (40) Επάκριο κύτταρο του είδους *Johannesbaptistia pellucida*.



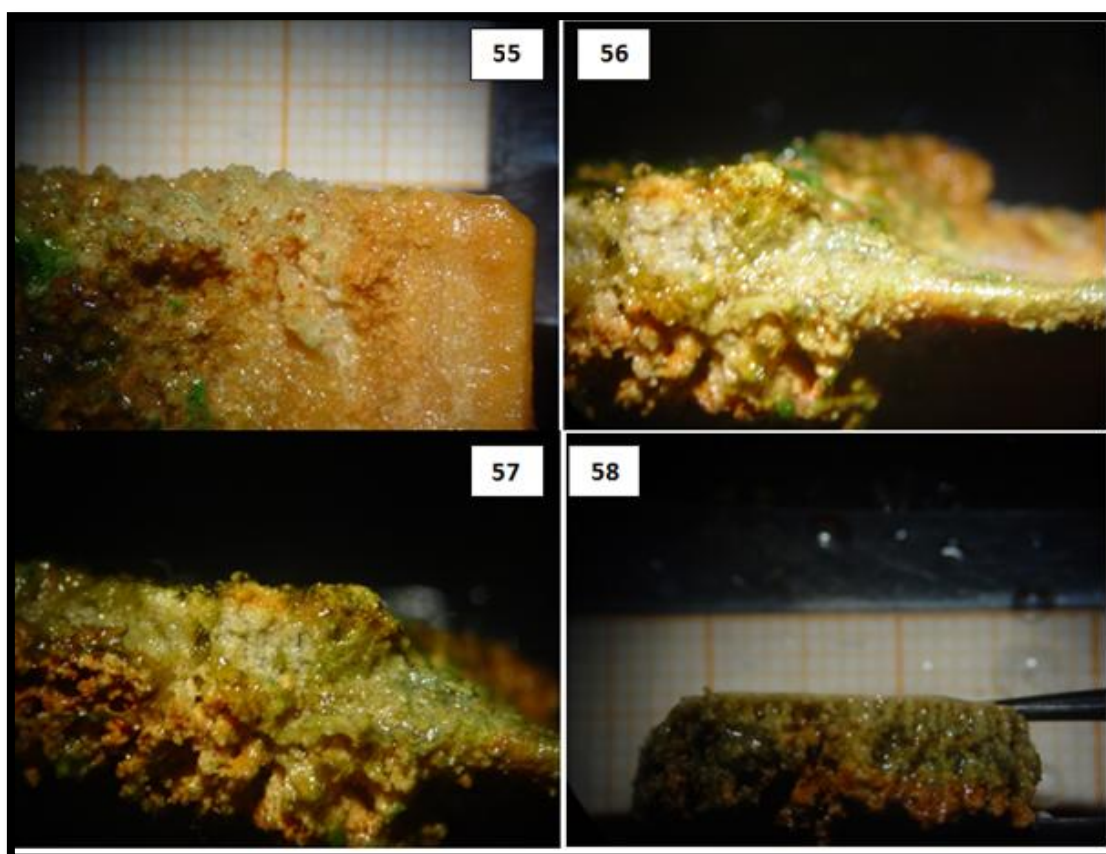
Πλαίσιο Εικόνων 5.6 (41-42) Απεικονίσεις SEM από τη θέση CW της θερμοπηγής «Καζίνο», (43-47) Απεικονίσεις SEM από σταλακτίτη της πηγής «Πλατάνια». (41) Άτομα του γένους *Spirulina* και *Chondrocystis* καθώς και παρουσία διατόμων, (42) Στο βέλος διάτομο, (43-44) Οπές στο πέτρωμα κάτι το οποίο υποδεικνύει ύπαρξη ενδολιθικών και επιλιθικών κυανοβακτηρίων, (45-47) Πολυάριθμοι βαρέως ενασβεστωμένοι σωλήνες ανθρακικού ασβεστίου.



Πλαίσιο Εικόνων 5.7 (48-50) Απεικονίσεις SEM από σταλακτίτη της πηγής «Πλατάνια», (51-52) Απεικονίσεις SEM από τη θέση R1 της θερμοπηγής «Πλατάνια». (48-49) Οπές και «ίχνη» στους κρυστάλλους υποδεικνύοντας την ύπαρξη λιθοβιοτικών κυανοβακτηρίων, (50-51) Συγκράτηση του κρυστάλλου από νηματοειδή κυανοβακτήρια.



Πλαίσιο Εικόνων 5.8 (53-54) Σταλακτίτης της πηγής «Πλατάνια». “Fluvial crust” με χαρακτηριστική ζώνωση και νήματα των ενδολιθικών ειδών *Leptolyngbya perforans* και *L. ercegovicii* που προωθούν την αποδόμηση του τραβερτίνη ενώ η άνω ζώνη καλύπτεται από τα επιλιθικά κοκκοειδή είδη πχ. *Chroococcus lithophilus*.



Πλαίσιο Εικόνων 5.9 (55-58) Θέση ΕΙ στις θερμοπηγές του ΕΟΤ. Χαρακτηριστικές διατάξεις (αντικειμενοφόροι πλάκες) που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των πρώτων εποικιστών. (55) άνω όψη, (56-57) πλάγια όψη, (58) Ανάπτυξη πρώτων στρωμάτων τραβερτίνη μετά το πέρας 30 ημερών, με χαρακτηριστική ζώνωση πάχους 7mm. Πρώτοι εποικιστές με κυρίαρχα τα είδη *Cyanobacterium minervae*, *Schizothrix lardacea*, *Oxynema acuminatum*.

5.5. ΚΑΘΕΤΗ ΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ

Οι μικροβιακοί τάπητες αποτελούνται από μικροοργανισμούς οι οποίοι ανήκουν σε διάφορες ταξινομικές ομάδες. Οι οργανισμοί αυτοί ακολουθούν μια συγκεκριμένη κάθετη κατανομή η οποία είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης και της μεταβολικής τους ενεργότητας (Jorgensen et al. 1983). Στην κάθετη στρωμάτωση του μικροβιακού τάπητα, τα κυανοβακτήρια αποτελούν το ανώτερο στρώμα αφού αποτελούν φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Το επόμενο στρώμα αποτελείται από άλλου είδους φωτοσυνθετικά βακτήρια όπως τα πράσινα μη-θειοβακτήρια, π.χ. *Chloroflexus*. Στα βαθύτερα στρώματα όπου δεν φτάνει η απαραίτητη ηλιακή ακτινοβολία, διαβιούν μη φωτοσυνθετικά βακτήρια, συνήθως θειο-βακτήρια (Stal 2000).

Πρέπει επίσης να σημειωθεί η ύπαρξη ενός στρώματος επάνω από εκείνο των κυανοβακτηρίων. Το στρώμα αυτό δεν εμπεριέχει μικροοργανισμούς (αβιοτικό στρώμα), και ως εκ τούτου δεν συμπεριλαμβάνεται ως στρώμα του μικροβιακού τάπητα. Το στρώμα αυτό αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο, η δέσμευση του οποίου γίνεται με τη βοήθεια του EPS το οποίο παράγεται από το στρώμα των κυανοβακτηρίων (Pentecost 2000, Stal 2000).

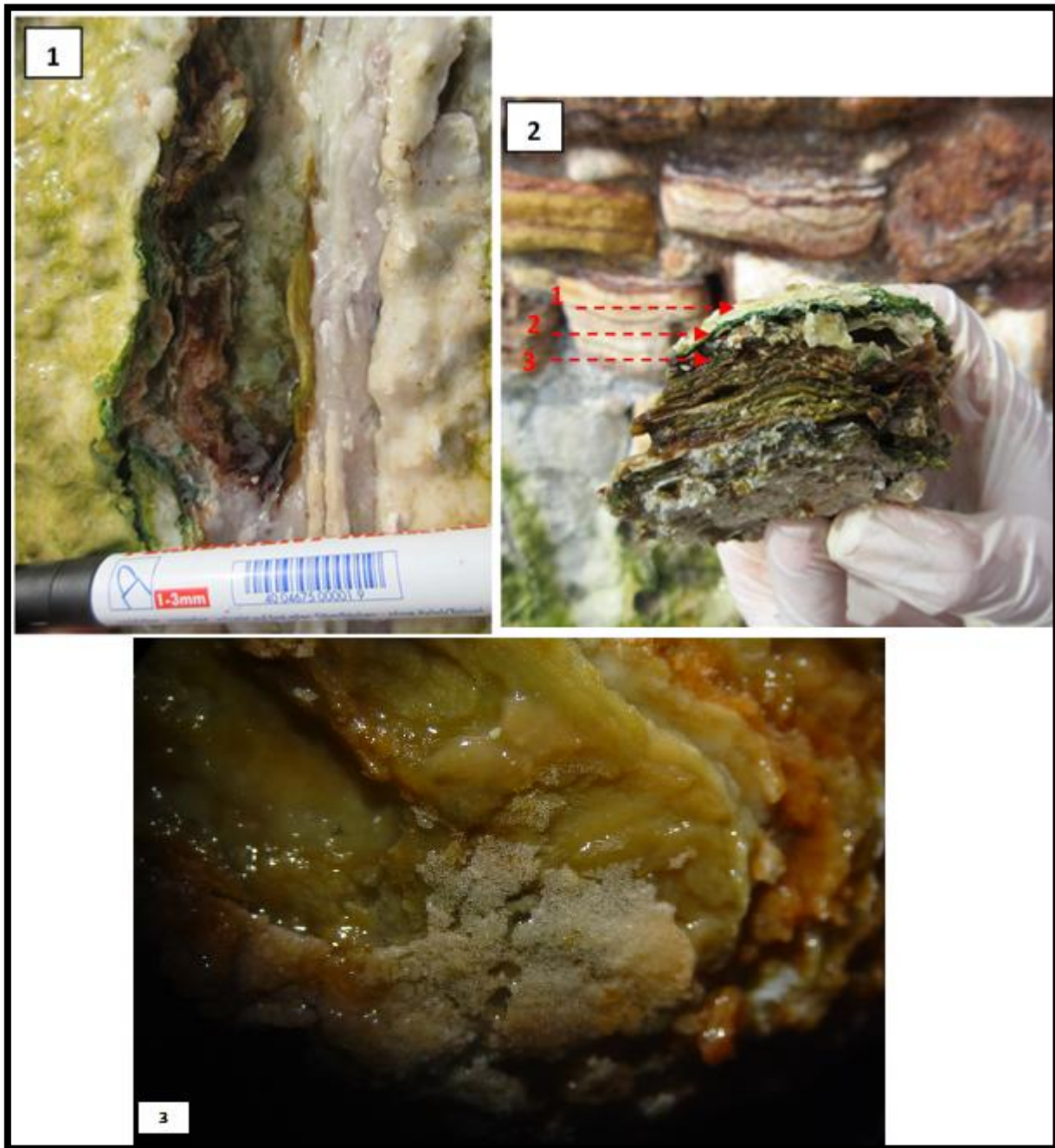
Εντός του κυανοβακτηριακού στρώματος παρατηρείται περαιτέρω κάθετη μικρο-στρωμάτωση διότι τα διαφορετικά είδη κυανοβακτηρίων έχουν διαφορετικές απαιτήσεις ως προς το φως. Διαφορές ως προς τη βέλτιστη ποσότητα ηλιακής ενέργειας παρατηρούνται και σε είδη που ανήκουν στο ίδιο γένος (Ward et al. 1994). Επίσης παρατηρείται δημιουργία ημερήσιας μικρο-στρωμάτωσης εντός του κυανοβακτηριακού στρώματος, διότι τα κυανοβακτήρια μετακινούνται ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του φωτός. Σε μελέτη των Takashima & Kano (2008) παρατηρήθηκε ότι κατά τις πρωινές ώρες (έντονο φως) τα κυανοβακτήρια παραμένουν κάτω από το ανθρακικό στρώμα, ενώ τις απογευματινές ώρες όπου το φως περιορίζεται, τα κυανοβακτήρια εισέρχονται στο ανθρακικό στρώμα για να απορροφήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο φωτισμό.

Στη θέση CW υπήρχε τοίχιο με αναβλύσεις νερού (Απεικόνιση 3.4/εικ. 5). Από το σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε συλλογή τμήματος του υποστρώματος για μελέτη της κάθετης διαβάθμισης των μικροοργανισμών (Απεικόνιση 5.19). Το δείγμα παρατηρήθηκε στο στερεοσκόπιο και στη συνέχεια παρατηρήθηκε στο φωτονικό μικροσκόπιο κάθε στρώση ξεχωριστά.

- Επιφανειακό στρώμα λευκού χρώματος (αβιοτική στρώση): στρώμα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Δεν παρατηρήθηκαν μικροοργανισμοί.

- Δεύτερο κυανοπράσινο στρώμα: *Leptolyngbya perforans* (Geitler) Anagnostidis & Komárek 1988.
- Τρίτο ελαιο-πράσινο στρώμα: *Leptolyngbya perforans*, *Chloroflexus* και άλλα βακτήρια.

Στα βαθύτερα στρώματα δεν εντοπίστηκαν κυανοβακτήρια, κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο διότι τα κυανοβακτήρια ως φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί έχουν ανάγκη την ηλιακή ενέργεια η οποία δεν φθάνει σε βαθύτερα στρώματα, εντοπίστηκαν όμως άλλου είδους βακτήρια (*Chloroflexus* sp.). Επίσης το ανευρεθέν είδος (*Leptolyngbya perforans*) είναι ένα χαρακτηριστικό είδος σε ασβεστιτικά υποστρώματα, το οποίο εμφανίζεται στα ανώτερα στρώματα της κάθετης στρωμάτωσης (Komarek & Anagnostidis 2005).



Απεικόνιση 5.2 Κάθετη στρωμάτωση του τραβερτινικού τοιχείου της θέσης CW. (1) Διάνοιξη του τοιχείου και εμφάνιση των στρωμάτων. (2) Τμήμα του τραβερτινικού τοιχείου με εμφανή την κάθετη διαστρωμάτωση, όπου τα βέλη υποδεικνύουν τα διαφορετικά στρώματα: 1. Αβιοτικό στρώμα τραβερτίνη (λευκό χρώμα), 2. Έντονο κυανοπράσινο στρώμα κυανοβακτηρίων, 3. Ελαιοπράσινο στρώμα όπου παρατηρείται μείωση κυανοβακτηρίων και ύπαρξη άλλων βακτηρίων, (3) Ευκρινέστερη απεικόνιση του αβιοτικού στρώματος ανθρακικού ασβεστίου που έχει αρχίσει να σχηματίζει επί των κυανοβακτηριακών αναπτύξεων.

5.6. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΙΚΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ

Τα ακτινογραφήματα αποτιμήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού Eva ver. 10.0. Στον πίνακα 10 παρουσιάζεται ημιοσοτικά η ορυκτολογική σύσταση των κυρίων ορυκτών φάσεων που προσδιορίστηκαν στους μελετηθέντες θερμογενείς τραβερτίνες. Οι αστερίσκοι είναι ένας ημιοσοτικός δείκτης της συγκέντρωσης του κάθε ορυκτού στο δείγμα του αναλυθέντος υποστρώματος.

Βάσει και παλαιότερων μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή (Κανελλόπουλος 2011, Kanelloroulos 2012, Kanelloroulos et al. 2017), τα κύρια ορυκτά που αποτίθενται από τις θερμές πηγές της περιοχής είναι ασβεσίτης και αραγωνίτης και σε μικρότερο ποσοστό αλίτης, φερυδρίτης και γύψος. Τα υπόλοιπα ορυκτά είναι από τα πετρώματα του υποβάθρου της περιοχής που έχουν εγκλωβιστεί μέσα στον τραβερτίνη (φερτό υλικό). Στα μελετηθέντα δείγματα κυριαρχεί ο ασβεσίτης έναντι όλων των άλλων ορυκτών φάσεων. Τέλος, η θέση που διαφοροποιείται αισθητά σε σύγκριση με όλες τις άλλες είναι η I, όπου το κυρίαρχο ορυκτό είναι ο φερυδρίτης και ακολουθεί ο αραγωνίτης.

Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων PCA (βλ. κεφ. 5.6) με σκοπό τη συσχέτιση των θερμών πηγών με βάση την ορυκτολογική τους σύσταση, χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα ορυκτά τα οποία αποτίθενται από τις θερμές πηγές.

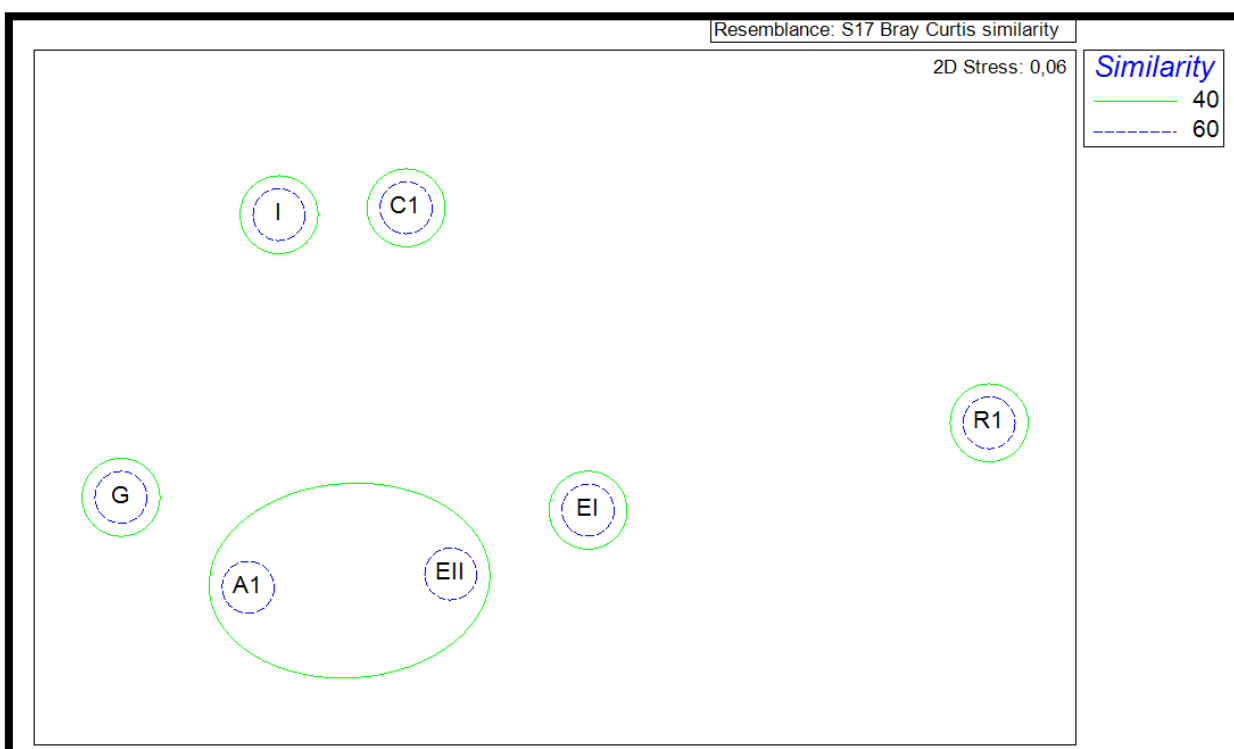
Πίνακας 10 Ορυκτολογική σύσταση τραβερτινικών αποθέσεων.

	C1	C2	CW	EI	EII	G	A1	A2	I	R1	R2	Rb2	R3	RS
Calcite	***	****	****	***	****	****	****	****		**				****
Aragonite		*	*	**	*	**	**	**	**					
Gypsum				*										*
Halite	*	*	*	*	**	**	*			*				tr.
Quartz	****			*		***				****	****	***		
Albite	***			****		**								
Kaolinite	*									**	*	*		
Montmorillonite	*			*								*		
Amphibole	*			****							*	****	****	
illite	*													
Muscovite										*	***			
Anorthite											***	**	**	
Pyroxene											*		*	
Microcline											***	**	**	
Ferrihydrite									***					

5.7. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ

Στο παρακάτω nMDS γράφημα (Απεικόνιση 5.20) απεικονίζεται η ομαδοποίηση των θερμοπηγών με βάση τα είδη των Κυανοβακτηρίων που διαπιστώθηκαν στην κάθε μία. Για την εξαγωγή του γραφήματος αυτού έγινε χρήση του δείκτη ομοιότητας Bray Curtis. Ο δείκτης 2D Stress (0,06) είναι αρκετά μικρότερος του 0,2 κάτι το οποίο υποδεικνύει ότι η 2D απεικόνιση των αποτελεσμάτων είναι κατάλληλη.

Οι περισσότερες πηγές φαίνεται να διαφοροποιούνται μεταξύ τους μέχρι και για επίπεδο ομοιότητας 40%. Η μόνη ομαδοποίηση που εμφανίζεται στο γράφημα είναι μεταξύ των πηγών ΕΟΤII και Γέφυρα. Καμία ομαδοποίηση δεν παρουσιάζεται σε επίπεδο ομοιότητας 60% και μεγαλύτερο.



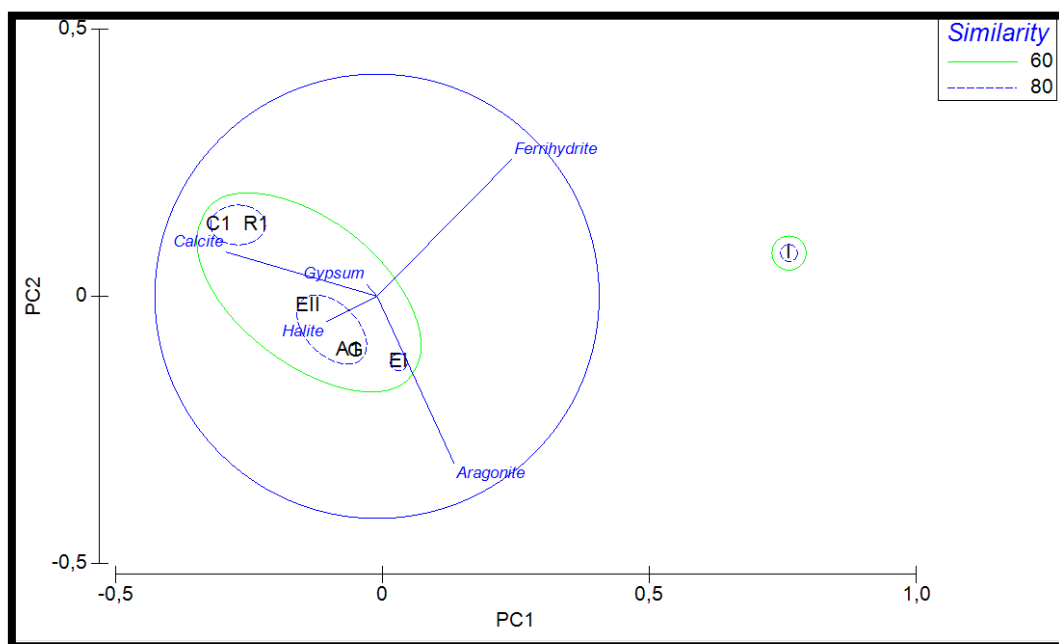
Απεικόνιση 5.3. nMDS ανάλυση των συνολικών βιολογικών δειγμάτων ανά θέση (μόνο οι θέσεις των αναβλύσεων από κάθε πηγή).

Τα ποσοστά ανομοιότητας ανά ζεύγος πηγών (SIMPER Analysis) απεικονίζονται αναλυτικότερα στο Παράρτημα 5, όπου αναφέρεται το ποσοστό ανομοιότητας μεταξύ των δύο πηγών καθώς και η σύσταση των βασικών ειδών στα οποία οφείλεται η ανομοιότητα αυτή. Δίπλα από τα είδη αναγράφεται το ποσοστό συνεισφοράς τους στον υπολογισμό της ανομοιότητας.

Το παρακάτω PCA γράφημα (Απεικόνιση 5.21) δημιουργήθηκε με βάση τα ημι-ποσοτικά αποτελέσματα της XRD ανάλυσης, μόνο με τη χρήση των ορυκτών που οφείλονται στις αποθέσεις των θερμών πηγών (βλ. κεφ. 5.5). Στο γράφημα αυτό παρατηρείται η κατανομή των πηγών σε ένα πολυδιάστατο σύστημα το οποίο δίνει στοιχεία τόσο για την ομοιότητα των πηγών μεταξύ τους όσο και για τους κυριότερους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η διαφοροποίησή τους.

Η πηγή των Ηλίων είναι αρκετά απομακρυσμένη από τις υπόλοιπες, κυρίως λόγω της παρουσίας του φερυδρίτη (ferrihydrate). Σε επίπεδο ομοιότητας 60% όλες οι υπόλοιπες πηγές ομαδοποιούνται, καθώς η κυρίαρχη ορυκτή φάση είναι ο ασβεστίτης. Αυξάνοντας το επίπεδο ομοιότητας σε 80% παρατηρείται η δημιουργία τριών ομάδων: i) C1 και R1, ii) EII-G-A1 και iii) EI.

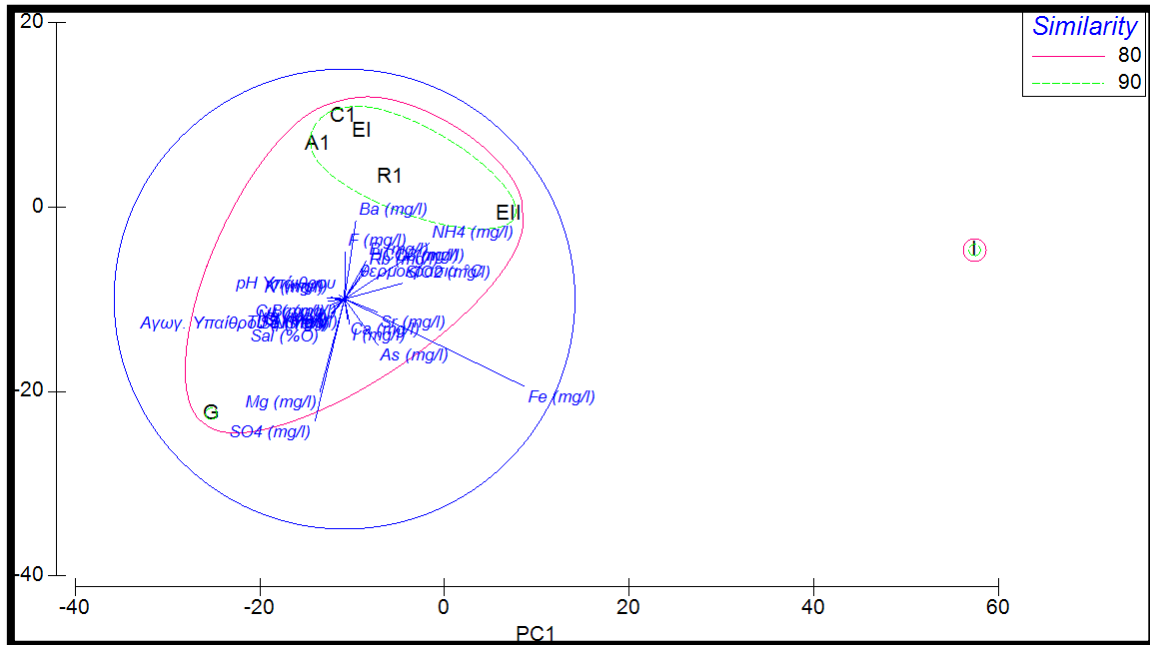
Η πηγή EI διαφέρει από τις υπόλοιπες εξ αιτίας της περιεκτικότητας αυτής σε αραγωνίτη. Οι πηγές C1 και R1 ομαδοποιούνται εξ αιτίας της έντονης παρουσίας του ασβεστίτη σε αυτές. Το ορυκτό που ομαδοποιεί τις πηγές EII, G και A1 είναι ο αλίτης, υποδηλώνοντας την υψηλή αλατότητα του αντίστοιχου ρευστού.



Απεικόνιση 5.4 PCA ανάλυση των πηγών με βάση τα ημιποσοτικά αποτελέσματα της XRD ανάλυσης.

Τέλος, δημιουργήθηκε γράφημα PCA (Απεικόνιση 5.22) με τη χρήση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων. Η πηγή των Ηλίων είναι ξανά πιο απομακρυσμένη και δεν ομαδοποιείται με τις υπόλοιπες σε ποσοστό ομοιότητας <80%. Το βασικό στοιχείο που τοποθετεί την πηγή τόσο

μακράν των υπολοίπων είναι ο σίδηρος (Fe). Η πηγή με το επόμενο μικρότερο ποσοστό ομοιότητας είναι η πηγή των Γιαλτρών, εξ αιτίας των συγκεντρώσεων μαγγανίου (Mg) και των θειικών (SO₄) που παρουσιάζει. Όλες οι πηγές από την περιοχή της Αιδηψού ομαδοποιούνται σε επίπεδο 90%, υποδηλώνοντας την έντονη υδροχημική τους συγγένεια.



Απεικόνιση 5.5 PCA ανάλυση των πηγών με βάση τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των υδάτων.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι θερμές πηγές αποτελούν έναν ακραίο βιότοπο με μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον. Ως εκ τούτου αποτελούν αντικείμενο μελέτης επιστημόνων από πολλούς και διαφόρους επιστημονικούς τομείς (βιολογία, γεωλογία, χημεία κτλ). Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα έχει πραγματοποιηθεί εκτεταμένη έρευνα όσον αφορά στη μικροχλωρίδα και στη γεωλογική τους σύσταση (Kanellopoulos 2011, 2012, 2013, 2014, Kanellopoulos & Xirokostas 2016, Athanasoulis et al. 2017, Anagnostidis 1968, Economou-Amilli 1976, 1977, Radea et al. 2010, Kanellopoulos et al. 2015).

Τα κυανοβακτήρια που απαντώνται στα περιβάλλοντα των θερμών πηγών παρουσιάζουν μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον τόσο από ταξινομική και οικολογική άποψη, ως ακραιόφιλοι οργανισμοί (extremophiles), όσο και από βιοτεχνολογική άποψη. Η βιοτεχνολογική εκμετάλλευση των ειδών αυτών περιλαμβάνει τη δημιουργία προϊόντων με τη χρήση των μεταβολιτών τους, καθώς και την ιαματική τους χρήση (Singh et al. 2002, 2011).

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν επτά (7) θερμοπηγές της ευρύτερης περιοχής της Βόρειας Εύβοιας. Πραγματοποιήθηκε συλλογή βιολογικού υλικού, το οποίο μελετήθηκε λεπτομερώς τόσο από φυσικό υλικό όσο και από καλλιέργειες αυτού. Επίσης έγινε καταγραφή των φυσικοχημικών παραμέτρων των θερμών νερών, και ελήφθησαν δείγματα νεο-σχηματιζόμενων θερμογενών τραβερτινών στα οποία μελετήθηκε η ορυκτολογική τους σύσταση. Τέλος, για πρώτη φορά στην Ελλάδα, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των πρώτων εποικιστών των κυανοβακτηρίων (pioneers) με τη χρήση τεχνητών διατάξεων.

Πολλά από τα είδη που αναγνωρίστηκαν στην εν λόγω διπλωματική εργασία χαρακτηρίζονται ως θερμόφιλα διότι απαντώνται συνήθως σε θερμές πηγές. Κάποια χαρακτηριστικά θερμόφιλα είδη είναι τα εξής: *Aphanocapsa thermalis*, *Chroococciopsis thermalis*, *Chroococcus thermalis*, *Leptolyngbya thermobia*, *Leptolyngbya thermalis*, *Spirulina subtilissima*, *Symploca thermalis*, *Synechocystis thermalis*, κ.ά.

Διαπιστώθηκαν επίσης είδη τα οποία είναι χαρακτηριστικά του ασβεστολιθικού υποστρώματος (τραβερτίνης), όπως τα *Chroococcus lithophilus*, *Leptolyngbya perforans*, *Leptolyngbya laminosa* *Leptolyngbya ercegovicii*, κ.ά.

Σημειώνεται ότι αναγνωρίστηκαν είδη τα οποία δεν έχουν καταγραφεί από την Ελλάδα και ως εκ τούτου θεωρούνται ως πρώτες καταγραφές (νέα είδη για τη χλωρίδα της Ελλάδος). Τα είδη αυτά είναι τα εξής:

- *Chroococcus occidentalis*
- *Leptolyngbya ramosa*
- *Leptolyngbya orientalis*
- *Pseudanabaena minima*
- *Spirulina tenuior*
- *Symploca cartilaginea*
- *Synechococcus nidulans*

Είδη που αποτελούν πιθανές νέες καταγραφές στην Ελλάδα (είδη τα οποία δεν ομοιάζαν ακριβώς με την τυπική περιγραφή του είδους και αναγνωρίστηκαν ως cf.) είναι τα ακόλουθα:

- *Anabaena cf. iyengarii*
- *Brasilonema cf. angustatum*
- *Cyanosarcina cf. thermalis*
- *Leptolyngbya cf. angusta*
- *Leptolyngbya cf. ferruginea*
- *Pseudanabaena cf. rosea*

Είδη που δεν έχουν καταγραφεί στην Ευρώπη και επομένως γίνεται εδώ η πρώτη τους αναφορά (είδη νέα για τη χλωρίδα της Ευρώπης), είναι τα εξής:

- *Komvophoron anabaenoides*
- *Leptolyngbya cartilaginea*
- *Leptolyngbya pseudotenuis*
- *Phormidium acidophilum*
- *Phormidium janthiphorum*

Είδη που αποτελούν πιθανή νέα καταγραφή για την Ευρώπη (είδη τα οποία δεν ομοιάζαν ακριβώς με την τυπική περιγραφή του είδους και αναγνωρίστηκαν ως cf.) είναι τα εξής:

- *Chroococcus cf. mediocris*
- *Phormidium cf. abronema*

Τέλος, απομονώθηκε ένα είδος για το οποίο δεν ήταν δυνατή η ταξινόμησή του σε κάποιο από τα περιγραφέντα είδη στη βιβλιογραφία. Για την περιγραφή του ως νέου είδους για την επιστήμη, απαιτείται περαιτέρω έρευνα συμπεριλαμβανομένης της μοριακής του ανάλυσης.

Ορισμένα είδη παρουσίασαν επίσης ιδιαίτερο ταξινομικό ενδιαφέρον. Αυτά διατηρούνται σε καλλιέργειες με σκοπό τη μελέτη των διαφόρων σταδίων ζωής τους αλλά και τη μοριακή τους ανάλυση. Τα ενδιαφέροντα αυτά είδη είναι τα εξής:

- *Cyanocohniella calida*: Το γένος αυτό είναι μια σχετικά νέα ταξινομική μονάδα (Kastovský et al. 2014). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του είδους είναι τα διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής του, τα οποία το καθένα ομοιάζει με άλλο γένος κυανοβακτηρίων. Πολλές καταγραφές ειδών πιθανότατα αναφέρονται σε αυτό το είδος, όμως λόγω της αδυναμίας παρατήρησης όλων των σταδίων ζωής μέσω καλλιέργειας, δεν ήταν δυνατή η ορθή τους ταξινόμηση. Για να είναι εφικτή η ταξινόμηση, καλλιεργήθηκε το συγκεκριμένο είδος ώστε να παρατηρηθούν όλα τα στάδια ζωής του στην ίδια καλλιέργεια.
- *Geitlerinema amphibium* f. *circinata*: Το κυανοβακτήριο αυτό είχε αναγνωρισθεί από τον Αναγνωστίδη το 1961 ως *Oscillatoria amphibia* f. *circinata* από τις θερμοπηγές της Αιδηψού και από άλλες θερμοπηγές. Ο Αναγνωστίδης αναφέρει ότι παρατήρησε «κοχλιοειδώς ή δακτυλιοειδώς περιελιγμένα τριχώματα», χαρακτηριστικό το οποίο δεν είχε περιγραφεί ξανά. Στη συνέχεια το είδος εντάχθηκε στο γένος *Geitlerinema*. Στη δειγματοληπτική θέση P10 εντοπίστηκε το είδος αυτό με ακριβώς αυτό το γνώρισμα (Πλ. 5.1, Εικ. 1-2 και Πλ. 7.5, Εικ. 36-37). Ο εντοπισμός και η καταγραφή του είδους αυτού αποτελεί επιβεβαίωση της αρχικής καταγραφής του από τον Αναγνωστίδη το 1961.
- “*Nostocales*”: Η ταξινομική αυτή μονάδα που εντάχθηκε στην τάξη *Nostocales* έχει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον διότι δεν ήταν δυνατή η ένταξή του σε κανένα γένος των *Nostocales*. Ομοίαζε με κάποια γένη (πχ. *Trichormus*, *Wollea*, *Anabaenopsis*, *Cronbergia*, *Cyanospira*), όμως διέφερε με όλα σε κάποιο ταξινομικό γνώρισμα του γένους, γεγονός που έκανε αδύνατη την ταξινόμησή του ούτε ακόμη σε επίπεδο γένους. Εικάζεται ότι μπορεί να αποτελεί νέο γένος κυανοβακτηρίων. Διατηρείται στον θάλαμο καλλιεργειών του Τομέα Οικολογίας και Ταξινομικής του Τμήματος Βιολογίας με σκοπό την παρατήρηση όλων των σταδίων ζωής του και τη μελλοντική μοριακή του ανάλυση.

Στις περισσότερες δειγματοληπτικές θέσεις επικρατεί η τάξη *Oscillatoriales* ενώ συνήθως ακολουθεί η τάξη *Synechococcales*. Συγκεκριμένοι παράγοντες φαίνεται να επηρεάζουν τη χλωριδική σύσταση των περιοχών των θερμοπηγών. Ειδικότερα, σε περιοχές με σχετικά χαμηλή αλατότητα, όπως οι θέσεις I ή CW, παρατηρήθηκε μικρό ποσοστό ή και απουσία της τάξης *Oscillatoriales*, ενώ αντίθετα σε θέσεις με υψηλή αλατότητα (A1, R3 και G) η τάξη *Oscillatoriales*

κυριαρχεί (βλ και Kirkwood et al. 2008). Επίσης η θερμοκρασία φαίνεται να επηρεάζει την ποικιλία των διαφορετικών τάξεων, και έτσι σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία όπως η πηγή των Ηλίων (63,4 °C) παρατηρήθηκε μικρότερος αριθμός τάξεων (μόνο *Synechococcales* και *Spirulinales*), ενώ σε περιοχές με μικρότερη θερμοκρασία όπως η θέση R3 (37,2 °C) παρατηρήθηκε μεγαλύτερο πλήθος τάξεων (*Synechococcales*, *Chroococcales*, *Spirulinales*, *Nostocales*, *Oscillatoriales*, *Chroococcidiopsidales*) (βλ. και Stal 2000). Εκτός από το πλήθος των τάξεων, η θερμοκρασία φαίνεται να επηρεάζει και την ισοκατανομή των τάξεων στις θέσεις, για παράδειγμα στη θέση C2 με θερμοκρασία 40,1 °C διαπιστώθηκαν 5 τάξεις, ομοίως και στη θέση EII με θερμοκρασία 61,9 °C, ενώ στην πρώτη θέση στα ποσοστά των τάξεων παρατηρούνται μικρότερες αποκλίσεις από αυτά της δεύτερης θέσης. Τέλος, παρατηρείται μια προτίμηση της τάξης *Nostocales* στις μέσες τιμές αλατότητας. Οι θέσεις στις οποίες εμφανίστηκε η τάξη *Nostocales* είναι οι C1, C2, EI, EII, R3 με τιμές αλατότητας 26, 25, 26, 25, 27 αντιστοίχως. Σε θέσεις με υψηλότερη ή χαμηλότερη τιμή αλατότητας δεν παρατηρήθηκε εμφάνιση της τάξης αυτής (βλ. και Sirvastava et al. 2009).

Η βιοκοινωνίες των θερμών πηγών που μελετήθηκαν παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους διότι, με βάση τα είδη, παρατηρείται ομαδοποίηση δύο μόνο πηγών σε επίπεδο ομοιότητας 40% (A1-EII). Η πιο διαφοροποιημένη θέση είναι η R1 ενδεχομένως λόγω του διαφορετικού ενδιαιτήματος (σπήλαιο).

Πολύ μεγάλη σημασία για την κατανόηση του μηχανισμού της βιο-ορυκτογένεσης έχουν οι πρωτοπόροι οργανισμοί των θερμών πηγών, διότι επί των οργανισμών αυτών θα αρχίσει να αποτίθεται ο τραβερτίνης. Δυστυχώς, παρά τη σημαντικότητά τους, στην Ελλάδα δεν έχει γίνει ξανά προσπάθεια καταγραφής των πρωτοπόρων οργανισμών, ενώ ακόμη και στη διεθνή βιβλιογραφία η μελέτη τους είναι σχετικά περιορισμένη (βλ. Lau et al. 2008).

Στις θερμοπηγές που μελετήθηκαν στην εν λόγω διπλωματική εργασία, ο πιο κοινός πρωτοπόρος οργανισμός είναι η *Spirulina subtilissima* (9/15 θέσεις). Ωστόσο η τάξη *Spirulinales* είναι τέταρτη σε ποσοστό εμφάνισης (13%), ενώ προηγούνται οι τάξεις *Synechococcales* (37%), *Oscillatoriales* (30%) και *Chroococcales* (16%) κάτι το οποίο οφείλεται στο πλήθος των διαφορετικών ειδών – αντιπροσώπων κάθε τάξης. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι το 67% των αναευρεθέντων ειδών ανήκουν στις τάξεις *Synechococcales* και *Oscillatoriales*, ενώ λίγα ήταν τα κοκκοειδή κυανοβακτήρια που αναγνωρίστηκαν ως πρωτοπόροι οργανισμοί. Αναλυτικότερα, οι πιο κοινοί πρωτοπόροι οργανισμοί είναι τα νηματοειδή κυανοβακτήρια με μόνη εξαίρεση το *Synechococcus*

elongatus, του οποίου όμως η μορφή μεταβάλλεται ελαφρώς ανάλογα με την θερμοκρασία ανεύρεσης με αποτέλεσμα στις θερμές πηγές από όπου αναγνωρίσθηκε, τα κύτταρά του να είναι αρκετά πιο επιμήκη. Παρατηρήθηκε ότι οι κυριότεροι πρωτοπόροι οργανισμοί είναι νηματοειδή (πολυκύτταρα) κυανοβακτήρια, δηλαδή οργανισμοί με μεγαλύτερη εξωτερική επιφάνεια. Η μεγαλύτερη εξωτερική επιφάνεια σχετίζεται με την ικανότητα του μικροοργανισμού να προσκολλάται ευκολότερα σε επιφάνειες (ως πρωτοπόρος οργανισμός) και στη συνέχεια να συμβάλει στην εγκαθίδρυση και άλλων οργανισμών. Επίσης οι οργανισμοί αυτοί παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες EPS (εξ αιτίας της επιφάνειάς τους) με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη δέσμευση ανθρακικού ασβεστίου σε σύγκριση με τα μονοκύτταρα (κοκκοειδή) κυανοβακτήρια (Lau et al. 2008).

Ως προς τις φυσικοχημικές παραμέτρους, οι πηγές δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις. Η πηγή των Ηλίων διαφοροποιείται εξ αιτίας της υψηλής της περιεκτικότητας σε σίδηρο (11,3 mg/l) ενώ οι υπόλοιπες πηγές ομαδοποιούνται σε επίπεδο ομοιότητας 80%. Με την αύξηση του επιπέδου ομοιότητας στο 90%, εκτός της ομαδοποίησης εμφανίζεται και η πηγή των Γιάλτρων εξ αιτίας της συγκέντρωσης του μαγνησίου και των θεικών. Ομαδοποιημένες συνεχίζουν να είναι οι πηγές της Αιδηψού (Πλατάνια, Γέφυρα, ΕΟΤ, Καζίνο), γεγονός που τονίζει την υδροχημική συγγένεια των πηγών αυτών.

Στην Ελλάδα μέχρι τώρα οι περισσότερες μελέτες που αναφέρονται σε είδη κυανοβακτηρίων από θερμές πηγές εστιάζονται στο ταξινομικό μέρος και στις φυσικοχημικές παραμέτρους των πηγών (Anagnostidis 1961, 1968, Anagnostidis & Pantazidou 1988, Economou-Amilli 1976, 1977, Bravakos et al. 2016). Στα πλαίσια της παρουσιαζόμενης εργασίας έγινε προσπάθεια συσχέτισης των οργανισμών των θερμών πηγών με τις αποθέσεις θερμογενούς τραβερίνη της περιοχής, και πιο συγκεκριμένα με το κατά πόσον η ορυκτολογική σύσταση των αποθέσεων συνδέεται με τη σύσταση των βιοκοινοτήτων καθώς και με την εμπλοκή των κυανοβακτηρίων στις διεργασίες δημιουργίας ή/και αποικοδόμησης του θερμογενούς τραβερίνη.

Από την XRD ανάλυση διαπιστώθηκε ότι στις περισσότερες θέσεις το κυρίαρχο ορυκτό των τραβερίνικών αποθέσεων είναι ο ασβεστίτης. Σε κάποιες θέσεις παρατηρήθηκε παρουσία χαλαζία, αλβίτη και αμφίβολου. Τα ορυκτά αυτά όμως δεν προέρχονται από διεργασίες απόθεσης των θερμών πηγών, αλλά από το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, και έχουν εγκλωβιστεί στον τραβερίνη. Ο τραβερίνης στην περιοχή των Ηλίων αποτελείται κυρίως από φερυδρίτη.

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα αυτά έγινε προσπάθεια να ομαδοποιηθούν οι πηγές με βάση την ορυκτολογική τους ομοιότητα (ορυκτά αποθέσεων). Παρατηρήθηκε ότι η πηγή των Ηλίων παρουσιάζει πολύ μεγάλη διαφοροποίηση (επίπεδο ομοιότητας 60%) εξ αιτίας του φερυδρίτη. Αυξάνοντας το επίπεδο ομοιότητας στο 80%, οι υπόλοιπες πηγές χωρίζονται σε τρεις ομάδες (E1, C1-R1, EII-G-A1). Η πηγή E1 περιέχει μεγάλη ποσότητα αραγωνίτη και ως εκ τούτου διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες. Οι θέσεις C1 και R1 ομαδοποιούνται εξ αιτίας της έντονης παρουσίας ασβεστίτη. Τέλος, οι πηγές EII, A1 και G ομαδοποιούνται χάρις στον αλίτη, ορυκτό το οποίο τονίζει την υψηλή αλατότητα του ρευστού (25, 29, 35 psu αντιστοίχως). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι πηγές EII και A1 ομαδοποιούνται και ως προς τα είδη των κυανοβακτηρίων που περιέχουν. Η πηγή G ενδέχεται να διαφέρει εξ αιτίας της πολύ αυξημένης αλατότητας (35 psu) που παρουσιάζει και κατ' επέκτασιν των διαφορετικών ειδών που διαβιούν στην πηγή αυτή.

Ο κύκλος του άνθρακα και των ανθρακικών αλάτων είναι στενά συνδεδεμένος με τις βιολογικές διεργασίες του κάθε περιβάλλοντος. Η δημιουργία και αποδόμηση των ανθρακικών αλάτων από τα κυανοβακτήρια συμβαίνει τόσο στα χερσαία όσο και στα υδατικά οικοσυστήματα και εξαρτάται από οικολογικούς και μικροκλιματικούς παράγοντες. Ειδικότερα στις θερμές πηγές, τα κυανοβακτήρια είναι οι κυρίαρχοι οξυγονοπαραγωγικοί οργανισμοί, με αποτέλεσμα οι βιολογικές διεργασίες αυτών να συμβάλουν κατά το πλείστον στη δημιουργία και αποδόμηση των ανθρακικών αποθέσεων (αποθέσεις θερμογενούς τραβερίτη).

Ενδείξεις συμβολής των κυανοβακτηρίων στη δημιουργία των τραβερίτινικών αποθέσεων παρατηρούνται στις απεικονίσεις του SEM (βλ. κεφ. 5.4). Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν κρύσταλλοι τραβερίτη οι οποίοι συγκρατούνται από EPS ή ακόμη και από τα ίδια τα νήματα των κυανοβακτηρίων. Επίσης σε αρκετές απεικόνισης των κυανοβακτηρίων από το φωτονικό μικροσκόπιο (βλ. Παράρτημα 1), παρατηρείται εναπόθεση ανθρακικού ασβεστίου στους κολεούς των ατόμων.

Δεν παρατηρήθηκαν όμως μόνο ενδείξεις δημιουργίας τραβερίτινικών αποθέσεων αλλά και αποδόμησης αυτών, ιδιαίτερα μέσω των ενδολιθικών κυανοβακτηρίων τα οποία εντοπίστηκαν να διατρύπουν το υπόστρωμα συμβάλλοντας έτσι στην αποσάθρωση των αποθέσεων. Ο ακριβής μηχανισμός της διαδικασίας αυτής από τα ενδολιθικά (χασμολιθικά, κρυπτολιθικά, ευενδολιθικά) είδη των κυανοβακτηρίων δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητός. Η αποδόμηση μπορεί να οφείλεται σε εκκρινόμενες όξινες ουσίες ή σε άλλους παράγοντες όπως σε εξωπολυσακχαρίτες (EPS).

Τα είδη του γένους *Schizothrix*, που ανευρέθησαν στην παρούσα εργασία ως πρώτοι εποικιστές, διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στις αποθέσεις τραβερίνη των θερμών πηγών. Τα άτομα του γένους αυτού διαβιούν τόσο ενδολιθικά όσο και επιλιθικά (Schneider 1977, Schneider et al. 1983). Στην πρώτη περίπτωση (ενδολιθικά), τα άτομα διατρύπουν το ανθρακικό υπόστρωμα ως ευενδολιθικοί οργανισμοί συμβάλλοντας έτσι στην αποδόμηση των αποθέσεων, αντιθέτως στη δεύτερη περίπτωση (επιλιθικά) τα άτομα αυξάνουν τον ρυθμό απόθεσης του τραβερίνη εξ αιτίας της φωτοσυνθετικής τους δραστηριότητας (Schneider & Le Campion-Alsumard 1999).

Το είδος *Leptolyngbya ercegovicii* το οποίο αναγνωρίστηκε επίσης ως πρώτος εποικιστής, διαπιστώθηκε να καταλαμβάνει μία ενδολιθική ζώνη σε βάθος περίπου 3-5 mm, ενώ στα ανώτερα στρώματα παρατηρήθηκαν αποικίες κοκκοειδών κυανοβακτηρίων όπως *Chroococcus lithophilus*, *Chroococcus subsphaericus* κ.ά. Σημειωτέον ότι ανεύρεση του είδους *Leptolyngbya ercegovicci* καθώς και παρόμοια σύσταση των στρωμάτων έχει αναφερθεί και σε θερμογενείς τραβερίνες των Θερμοπυλών (Kanellopoulos et al. 2016).

Συνοψίζοντας, οι θερμές πηγές της Βόρειας Εύβοιας χαρακτηρίζονται από πλούσια χλωρίδα κυανοβακτηρίων, με αρκετά ενδιαφέροντα είδη, ορισμένα εκ των οποίων αποτελούν νέες καταγραφές για τη χλωρίδα της Ελλάδος ή/και της Ευρώπης. Ορισμένα από αυτά τα είδη χρήζουν περισσότερης μελέτης καθώς και μοριακής ανάλυσης. Παρατηρήθηκε επίσης μια συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους της εξωτερικής επιφάνειας των ειδών, και κατ' επέκτασιν της παραγόμενης ποσότητας EPS, με την εμφάνισή τους ως πρωτοπόρων οργανισμών καθιστώντας τα νηματοειδή κυανοβακτήρια ως τους πιο πιθανούς πρώτους εποικιστές. Οι πηγές δεν εμφάνισαν ιδιαίτερη ομοιότητα όσον αφορά τα είδη που αναγνωρίστηκαν σε αυτές. Ως γενική εικόνα, η πηγή που διέφερε περισσότερο ήταν εκείνη των Ηλίων, η οποία είχε μεγάλη συγκέντρωση σε σίδηρο και ο τραβερίνης που αποθέτει αποτελείται κυρίως από φερυδρίτη, αραγωνίτη και ασβεστίτη κάτι το οποίο συνετέλεσε στη μη ομαδοποίησή της με τις υπόλοιπες. Όσον αφορά στις χημικές αναλύσεις, οι πηγές της Αιδηψού (Καζίνο, Πλατάνια, Γέφυρα, ΕΟΤ) ομαδοποιούνται αποδεικνύοντας την υδροχημική συγγένεια των θερμών ρευστών της περιοχής. Τέλος, μέσω των απεικονίσεων του SEM παρατηρήθηκαν ενδείξεις βιολογικής δραστηριότητας στη δημιουργία και την αποδόμηση των αποθέσεων θερμογενούς τραβερίνη (διεργασίες βιοορυκτογένεσης). Στα πλαίσια της εργασίας αυτής εξήχθησαν τα παραπάνω συμπεράσματα, τα οποία θέτουν τη βάση για περαιτέρω μελέτες όπως για παράδειγμα τη μελέτη και μοριακή ανάλυση των νέων ειδών, την εποχική μεταβολή των ταξινομικών μονάδων των κυανοβακτηρίων

στις πηγές αυτές καθώς και την πιο λεπτομερή μελέτη σχετικά με τις διεργασίες βιο-ορυκτογένεσης που λαμβάνουν χώρα κατά την απόθεση του θερμογενούς τραβερίτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- **Aboal, M. (1988).** Aportación al conocimiento de las algas epicontinentales del Sudeste de España. III. Cianofíceas (Cyanophyceae Schaffner 1909). *Anales Jardín Botánico de Madrid* 45(1): 3-46.
- **Alvarez-Cobelas, M. & Gallardo, T. (1988).** Catálogo de las algas continentales españolas V. *Cyanophyceae* Schaffner 1909. *Acta Botanica Malacitana* 13: 53-76.
- **Alvarez-Cobelas, M. & Gallardo, T. (1988).** Catálogo de las algas continentales españolas V. *Cyanophyceae* Schaffner 1909. *Acta Botanica Malacitana* 13: 53-76.
- **Anagnostidis K. (1968).** Investigations of Sulphur-communities (Sulphuretum) in marine and freshwater habitats. A taxonomic, floristic, ecological, phytosociological, phytogeographic study. Vol. 10. Scientific annals of the Faculty of Sciences, Aristotle University of Thessaloniki; Thessaloniki.
- **Anagnostidis K. (1961).** Investigations of the Cyanophyceae in some thermal springs in Greece. Institute of Systematic Botany and Phytogeography of the Aristotle University of Thessaloniki; Thessaloniki.
- **Anagnostidis, K., Economou-Amili, A., & Pantazidou, A. (1982).** Studies on the microflora of the cave Perama, Ioannina, Greece. *Bull Soc Spéléol Grece*, 18: 458-530.
- **Anagnostidis, K., Economou-Amilli, A., & Tsangridis, A. (1981).** Taxonomic and floristic studies on algae from rice-fields of Kalochorion-Thessaloniki, Greece. *Nova Hedwigia: Zeitschrift für Kryptogamenkunde*.
- **Anagnostidis, K., & Golubić, S. (1966).** Über die ökologie einiger *Spirulina*-Arten. Cramer.
- **Anagnostidis, K., & Pantazidou, A. (1988).** Endolithic cyanophytes from the saline thermal springs of Aedipsos, Hellas (Greece). *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 555-559.
- **Anagnostidis, K., & Pantazidou, A. (1991).** Marine and aerophytic Cyanosarcina, Staniera and Pseudocapsa (Chroococcales) species from Hellas (Greece). *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 141-157.
- **Anagnostidis, K., & Roussomoustakaki, M. (1988).** Cyanophytes from metal burdened substrates. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 561-564.

- **Anagnostidis, K., & Roussomoustakaki, M. (1991).** *Isocystis halobia* spec. nova, a benthic nostocalean cyanophyte from the heliothermal saltwork mats of Messolongion, Hellas (Greece). *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 299-332.
- **Anagnostidis, K. (1961).** *Untersuchungen über die Cyanophyceen einiger Thermen in Griechenland*. Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie der Universität
- **Anagnostidis, K., & Komárek, J. (1985).** Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1-Introduction. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 291-302.
- **Komárek, J., & Anagnostidis, K. (1988).** Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. *Oscillatoriales*. *Hydrobiologie/Algological Studies*, 50(53): 327-472.
- **Anagnostidis, K., & Komárek, J. (1990).** Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5-Stigonematales. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 1-73.
- **Asencio, A.D. & Aboal, M. (1997).** Fragmenta chorologica occidentalia, Algae, 5694-5705. *Anales Jard. Bot. Madrid* 55: 137-138.
- **Asencio, A.D. & Aboal, M. (2004).** Cell inclusions in the chasmoendolithic Cyanophytes from cave-like environments in Murcia (SE Spain). *Algological Studies* 113 (Cyanobacterial Research 5): 117-127.
- **Aysel, V. (2005).** Check-list of the freshwater algae of Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment* 11: 1-124.
- **Bahl, J., Lau, M. C., Smith, G. J., Vijaykrishna, D., Cary, S. C., Lacap, D. C., McKay, C. P. (2011).** Ancient origins determine global biogeography of hot and cold desert cyanobacteria. *Nature communications*, 2: 163.
- **Barinova, S. & Kukhaleishvili, L. (2014).** Diversity and ecology of algae and cyanobacteria in the Aragvi River, Georgia. *The Journal of Biodiversity. Photon* 113: 305-338.
- **Beltrán-Magos Y, Carmona J, Vilaclara G, Bojorge-García M (2013).** Calcification of the filamentous cyanobacterium *Blennothrix ganeshii* in calcareous tropical streams of central Mexico region. *Hidrobiológica*, 23:17–27
- **Bravakos, P., Kotoulas, G., Skaraki, K., Pantazidou, A., & Economou-Amilli, A. (2016).** A polyphasic taxonomic approach in isolated strains of Cyanobacteria from thermal springs of Greece. *Molecular phylogenetics and evolution*, 98: 147-160.

- **Broady, P.A. & Merican, F. (2012).** Phylum Cyanobacteria: blue-green bacteria, blue-green algae. In: *New Zealand inventory of biodiversity. Volume Three. Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi.* (Gordon, D.P. Eds), Christchurch: Canterbury University Press, pp. 50-69.
- **Brock, T. D. (2012).** *Thermophilic microorganisms and life at high temperatures.* Springer Science & Business Media.
- **Bryan, K. (1919).** Classification of springs. *The Journal of Geology*, 27(7): 522-561.
- **Caraus, I. (2002).** The algae of Romania. *Studii si Cercetari, Universitatea Bacau, Biologie*, 7: 1-694.
- **Caraus, I. (2017).** Algae of Romania. A distributional checklist of actual algae. Version 2.4. *Studii si Cercetari Biologie* 7: 1-1002
- **Castany, G. (1963).** *Traité pratique des eaux souterraines.* In *Traité pratique des eaux souterraines.* Dunod.
- **Chafetz HS, Folk RL (1984).** Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *J Sediment Res* 54:289–316.
- **Chafetz, H. S., & Guidry, S. A. (1999).** Bacterial shrubs, crystal shrubs, and ray-crystal shrubs: bacterial vs. abiotic precipitation. *Sedimentary Geology*, 126(1), 57-74.
- **Copeland, J. (1936).** Yellowstone thermal Myxophyceae: *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 36. *Copeland 136 Annals of the New York Academy of Sciences 1936*, p.p. 1-229.
- **Cuzman, O. A. (2009).** *Biofilms on exposed monumental stones: mechanism of formation and development of new control methods* (Doctoral dissertation, alma).
- **De la Rosa Álamos, J. (2016).** Catálogo Florístico de las Cyanoprokariotas bentónicas del litoral de Andalucía. *Acta Botanica Malacitana* 41: 5-17.
- **Di Benedetto, F., Montegrossi, G., Minissale, A., Pardi, L. A., Romanelli, M., Tassi, F., ... & Borrini, D. (2011).** Biotic and inorganic control on travertine deposition at Bullicame 3 spring (Viterbo, Italy): a multidisciplinary approach. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(16): 4441-4455.
- **Dittrich, M., & Obst, A. (2005).** Role of the cell surface in calcite precipitation on picocyanobacteria. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69: A672-A1672.
- **Drouet, F. (1968).** Revision of the classification of the Oscillatoriaceae. Monograph 15, Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Fulton Press, Lancaster, Pennsylvania, 370 p.

- **Drouet, F. (1978).** *Revision of the Nostocaceae with constricted trichomes.* Vaduz, Liechtenstein: J. Cramer.
- **Dupraz, C., Reid, R. P., Braissant, O., Decho, A. W., Norman, R. S., & Visscher, P. T. (2009).** Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. *Earth-Science Reviews*, 96(3): 141-162.
- **Economou-Amilli A. (1977):** Ecological remarks from some Greek thermal springs.– *Thermal Waters, Geoth. Energy & Vulcanism Mediter. Area*, 2: 113-140, Athens.
- **Economou-Amilli, A. (1976).** On diatoms from thermal springs of Greece. *Taxonomic, ecological, floristic and phytogeographical research*, 1-238.
- **Economou-Amilli, A. (1976).** *Ecological remarks on diatoms from some Greek thermal springs.*
- **Flemming, H. C. (1993).** Biofilms and environmental protection. *Water Science and Technology*, 27(7-8): 1-10.
- **Fouke, B. W. (2011).** Hot-spring Systems Geobiology: abiotic and biotic influences on travertine formation at Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, USA. *Sedimentology*, 58(1): 170-219.
- **Gardner, N. L. (1927).** *New Myxophyceae from Porto Rico.* New York Botanical Garden.
- **Georgalas, G. C. (1938).** *Les volcans des îles Likhades et d'Haghios Ionannis (Kamména Vourla).*
- **Guidry, S. A., & Chafetz, H. S. (2002).** Factors governing subaqueous siliceous sinter precipitation in hot springs: examples from Yellowstone National Park, USA. *Sedimentology*, 49(6): 1253-1267.
- **Gupta, R.K. (2012).** *Algae of India Volume 1. A checklist of Cyanoprokaryota (Cyanophyceae).* Salt Lake, Kolkata: Botanical Survey of India, Ministry of Environment & Forests, pp. [i]-xii, [1]-160, 8 pls.
- **Handley, K. M., Campbell, K. A., Mountain, B. W., & Browne, P. R. L. (2005).** Abiotic–biotic controls on the origin and development of spicular sinter: in situ growth experiments, Champagne Pool, Waiotapu, New Zealand. *Geobiology*, 3(2): 93-114.
- **Hartman, H. (1998).** Photosynthesis and the origin of life. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, 28(4-6): 515-521.
- **Hoffmann, L. (1988).** Criteria for the classification of blue-green algae (cyanobacteria) at the genus and at the species level. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 131-139.

- **Hu, H. & Wei, Y. (2006).** *The freshwater algae of China*. Systematics, taxonomy and ecology. pp. [4 pls of 16 figs], [i-iv], i-xv, 1-1023. China: www.sciencecp.com.
- **Ionescu, D., Oren, A., Hindiyeh, M. Y., & Malkawi, H. I. (2007).** The thermophilic cyanobacteria of the Zerka Ma'in thermal springs in Jordan. In: *Algae and cyanobacteria in extreme environments* (Seckbach, ed.), 411-424.
- **Jones B, Renaut WR, Owen BR, Torfason H (2005).** Growth patterns and implications of complex dendrites in calcite travertines from L'ysuho'll, Snæfellsnes, Iceland. *Sedimentology* 52:1277–1301.
- **Jones, B., Renaut, R. W., & Rosen, M. R. (1998).** Microbial biofacies in hot-spring sinters: a model based on Ohaaki Pool, North Island, New Zealand. *Journal of Sedimentary Research*, 68(3).
- **Jorgensen, B. B., Revsbech, N. P., & Cohen, Y. (1983).** Photosynthesis and structure of benthic microbial mats: microelectrode and SEM studies of four cyanobacterial communities. *Limnology and Oceanography*, 28(6): 1075-1093.
- **Kamennaya, N. A., Ajo-Franklin, C. M., Northen, T., & Jansson, C. (2012).** Cyanobacteria as biocatalysts for carbonate mineralization. *Minerals*, 2(4): 338-364.
- **Kanellopoulos C., (2012).** Distribution, lithotypes and mineralogical study of newly formed thermogenic travertines in Northern Euboea and Eastern Central Greece. *Open Geosciences* (former Central European Journal of Geosciences), 4(4): 545-560, ISSN: 2081-9900 (Print), 1896-1517 (Online), DOI: 10.2478/s13533-012-0105-z (Impact Factor: 0.898).
- **Kanellopoulos C., (2013).** Various morphological types of thermogenic travertines in northern Euboea and Eastern Central Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece*, ISSN: 0438-9557, vol. XLVII/3, p. 1929-1938.
- **Kanellopoulos C., (2014).** Morphological types, lithotypes, mineralogy and possible bio-mineralization processes in simple and iron-rich travertines from active thermogenic travertine-forming systems in Greece. The cases of Northern Euboea and Eastern Central Greece. 19th International Sedimentological Congress-Abstracts book, p.341.
- **Kanellopoulos, C., Lamprinou, V., Mitropoulos, P., & Voudouris, P. (2016).** Thermogenic travertine deposits in Thermopylae hot springs (Greece) in association with cyanobacterial microflora. *Carbonates and Evaporites*, 31(3): 239-248
- **Kappelmeyer, O., & Haenel, R. (1974).** Geothermics with special reference to application. *Berlin Gebrueder Borntraeger Geoexploration Monographs Series*, 4.

- **Karastathis, V. K., Papoulia, J., Di Fiore, B., Makris, J., Tsambas, A., Stampolidis, A., & Papadopoulos, G. A. (2011).** Deep structure investigations of the geothermal field of the North Euboean Gulf, Greece, using 3-D local earthquake tomography and Curie Point Depth analysis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 206(3): 106-120.
- **Kastovský, J., Berrendero Gómez, E., Hladil, J. & Johansen, J.R. (2014).** *Cyanocohniella calida* gen. et sp. nov. (Cyanobacteria: Aphanizomenonaceae) a new cyanobacterium from the thermal springs from Karlovy Vary, Czech Republic. *Phytotaxa* 181(5): 279-292.
- **Kirkwood, A. E., Buchheim, J. A., Buchheim, M. A., & Henley, W. J. (2008).** Cyanobacterial diversity and halotolerance in a variable hypersaline environment. *Microbial ecology*, 55(3): 453-465.
- **Kirkwood, A. E., & Henley, W. J. (2006).** Algal community dynamics and halotolerance in a terrestrial, hypersaline environment1. *Journal of phycology*, 42(3): 537-547.
- **Komárek, J. (1985).** Do all cyanophytes have a cosmopolitan distribution? Survey of the freshwater cyanophyte flora of Cuba. *Algological Studies* 38-39: 359–386.
- **Komárek, J. (2003).** Problem of the taxonomic category “species” in cyanobacteria. *Algological Studies* 109(1): 281–297.
- **Komárek, J. (2013).** *Cyanoprokaryota, Part 3: Heterocytous genera*. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 19/3
- **Komarek, J., & Anagnostidis, K. (1986).** Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2-Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 73(2): 157-226.
- **Komárek, J., & Anagnostidis, K. (1989).** Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4-Nostocales. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie, Supplement Volumes*, 247-345.
- **Komárek, J., & Anagnostidis, K. (1999).** Cyanoprokaryota, Part 1: Chroococcales, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 19/1.
- **Komárek, J., & Anagnostidis, K. (2005).** Cyanoprokaryota, Part 2: Oscillatoriales, Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 19/2.
- **Komárek, J., & Komárková-Legnerová, J. (2007).** Taxonomic evaluation of the cyanobacterial microflora from alkaline marshes of northern Belize. 1. Phenotypic diversity of coccoid morphotypes. *Nova Hedwigia*, 84(1-2): 65-111.

- **Komarek, J., Kastovsky, J., Mares, J., & Johansen, J. R. (2014).** Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia*, 86(4): 295-335.
- **Lamprinou, V., Danielidis, D., Economou-Amilli, A., Pantazidou, A. (2012).** Distribution survey of Cyanobacteria in three Greek caves of Peloponnese. *International Journal of Speleology*. 2012; 41(2):267–272. doi: 10.5038/1827-806x.41.2.12.)
- **Lamprinou, V., Danielidis, D., Pantazidou, A., Oikonomou, A., Economou-Amilli, A., (2014).** The show cave of Diros vs. wild caves of Peloponnese, Greece - distribution patterns of Cyanobacteria. *International Journal of Speleology*. 2014; 43(3):335–342. doi: 10.5038/1827-806x.43.3.10)
- **Lau, C. Y., Aitchison, J. C., & Pointing, S. B. (2008).** Early colonization of thermal niches in a silica-depositing hot spring in central Tibet. *Geobiology*, 6(2), 136-146.
- **Medvedeva, L.A. & Nikulina, T.V. (2014).** [*Catalogue of freshwater algae of the southern part of the Russian Far East*]. pp. 1-271. Vladivostok: Dalnauka.
- **Mountrakis, D. (1986).** The Pelagonian zone in Greece: a polyphase-deformed fragment of the Cimmerian continent and its role in the geotectonic evolution of the eastern Mediterranean. *The Journal of Geology*, 94(3): 335-347.
- **Obst, M., Wehrli, B., & Dittrich, M. (2009).** CaCO₃ nucleation by cyanobacteria: Laboratory evidence for a passive, surface-induced mechanism. *Geobiology*, 7(3): 324-347.
- **Palyvos, N., Bantekas, I., & Kranis, H. (2006).** Transverse fault zones of subtle geomorphic signature in northern Evia island (central Greece extensional province): An introduction to the Quaternary Nileas graben. *Geomorphology*, 76(3): 363-374.
- **Park, J.-G. (2012).** Algal flora of Korea. Volume 5, Number 1. Cyanophyta: Cyanophyceae; Chlocoocales, Oscillatoriales Freshwater Cyanoprokaryota I. pp. [1-6], 1-71, figs 1-101. Incheon: National Institute of Biological Resources.
- **Pentecost, A. (1990).** The formation of travertine shrubs: Mammoth Hot springs, Wyoming. *Geological Magazine*, 127(2): 159-168.
- **Pentecost, A. (2003).** Cyanobacteria associated with hot spring travertines. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 40(11): 1447-1457.
- **Pentecost A (2005).** Travertine. Springer, Berlin, Heidelberg.
- **Pentecost, A., & Whitton, B. A. (2000).** Limestones. In *The Ecology of Cyanobacteria* (pp. 257-279) Whitton & Potts (eds). Springer Netherlands.

- **Pentecost, A., Jones, B., & Renaut, R. W. (2003).** What is a hot spring?. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 40(11): 1443-1446.
- **Pe-Piper, G., & Piper, D. J. (2002).** The igneous rocks of Greece.
- **Pitts, M. W., & Alfaro, C. (2001).** Geologic/hydrogeologic setting and classification of springs. In *Springs and Bottled Waters of the World* (pp. 33-71). Springer Berlin Heidelberg.
- **Radea, C., Louvrou, I., Pantazidou, A., Economou-Amilli, A. (2010).** Photosynthetic microorganisms as epibionts and euendoliths on biotic substrates in a thermal spring with ferric-iron deposits. *Fottea*. 2010; 10:1 29–140.
- **Riding R (2000)** Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology*, 47: 179–214.
- **Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J. B., Herdman, M., & Stanier, R. Y. (1979).** Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Microbiology*, 111(1): 1-61.
- **Schirrmeister, B. E., Gugger, M., & Donoghue, P. C. (2015).** Cyanobacteria and the Great Oxidation Event: evidence from genes and fossils. *Palaeontology*, 58(5): 769-785.
- **Schneider, J. (1977).** Carbonate construction and decomposition by epilithic and endolithic micro-organisms in salt- and freshwater. In: *Fossil Algae* (Flügel, E., ed.), pp. 248-260. Springer, Berlin.
- **Schneider, J. & Torunski, H. (1983).** Biokarst on limestone coasts, morphogenesis and ediment production. *Mar. Ecol.*, 4: 45-63.
- **Schneider, J. & Le Campion-Alsumard, T. (1999).** Construction and destruction of carbonates by marine and freshwater cyanobacteria, *European Journal of Phycology*, 34: 4, 417-426.
- **Schopf, J. W. (2014).** Geological evidence of oxygenic photosynthesis and the biotic response to the 2400-2200 Ma “Great oxidation event”. *Biochemistry (Moscow)*, 79(3): 165-177.
- **Schopf, J. W., and Walter, M. R. (1982).** Origin and evolution of cyanobacteria: The geological evidence, in: *The Biology of Cyanobacteria* (N. G. Carr and B. A. Whitton, eds.), Blackwell, Oxford, and University of California Press, Berkeley, pp. 543–564.
- **Singh, R. K., Tiwari, S. P., Rai, A. K., & Mohapatra, T. M. (2011).** Cyanobacteria: an emerging source for drug discovery. *Journal of Antibiotics*, 64(6): 401.
- **Singh, S. C., Sinha, R. P., & Hader, D. P. (2002).** Role of lipids and fatty acids in stress tolerance in cyanobacteria. *Acta protozoologica*, 41(4): 297-308.

- **Smith, T.E. (2010).** Revised list of algae from Arkansas, U.S.A. and new additions. *International Journal on Algae* 12(3): 230-256.
- **Soo, R. M., Wood, S. A., Grzymiski, J. J., McDonald, I. R., & Cary, S. C. (2009).** Microbial biodiversity of thermophilic communities in hot mineral soils of Tramway Ridge, Mount Erebus, Antarctica. *Environmental microbiology*, 11(3): 715-728.
- **Srivastava, A. K., Bhargava, P., Kumar, A., Rai, L. C., & Neilan, B. A. (2009).** Molecular characterization and the effect of salinity on cyanobacterial diversity in the rice fields of Eastern Uttar Pradesh, India. *Saline Systems*, 5(1): 4.
- **Stal, L. J. (2000).** Cyanobacterial mats and stromatolites, *The Ecology of Cyanobacteria*, edited by: Whitton, BA and Potts, M., 61–120. Kluwer Academic Publishers
- **Stanier, R. Y., Kunisawa, R., Mandel, M., & Cohen-Bazire, G. (1971).** Purification and properties of unicellular blue-green algae (order Chroococcales). *Bacteriological reviews*, 35(2): 171.
- **Strunecký, O., Bohunická, M., Johansen, J. R., Čapková, K., Raabová, L., Dvořák, P., & Komárek, J. (2017).** A revision of the genus *Geitlerinema* and a description of the genus *Anagnostidinema* gen. nov.(Oscillatoriothycidae, Cyanobacteria).
- **Takashima, C., & Kano, A. (2008).** Microbial processes forming daily lamination in a stromatolitic travertine. *Sedimentary Geology*, 208(3): 114-119.
- **Thurman, H. V., Trujillo, A. P., Abel, D. C., & McConnell, R. (1996).** *Essentials of oceanography*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 527 p.
- **Tryfon, E., Moustaka-Gouni, M., & Nikolaidis, G. (1997).** Planktic cyanophytes and their ecology in the shallow Lake Mikri Prespa, Greece. *Nordic Journal of Botany*, 17(4): 439-448. doi: 10.1111/j.1756-1051.1997.tb00340.x
- **Vaccarino, M.A. & Johansen, J.R. (2012).** *Brasilonema angustatum* sp. nov. (Nostocales), a new filamentous cyanobacterial species from the Hawaiian Islands. *Journal of Phycology* 48(5): 1178-1186.
- **Vardaka, E., Moustaka-Gouni, M., & Lanaras, T. (2000).** Temporal and spatial distribution of planktic cyanobacteria in Lake Kastoria, Greece, a shallow, urban lake. *Nordic Journal of Botany*, 20(4): 501-511.
- **Vavassis, I. (2001).** *Geology of the Pelagonian zone in Northern Evia Island (Greece): Implications for the geodynamic evolution of the Hellenides.*

- **Vincent, W. (2002).** Cyanobacterial dominance in the polar regions. In: *The ecology of cyanobacteria* (Whitton & Potts, eds.), 321-340. Kluwer Academic Publishers.
- **Wahl, M. (1989).** Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*, 58: 175-189.
- **Ward & Castenholz (2002).** Cyanobacteria in Geothermal Habitats. In: *The ecology of cyanobacteria* (Whitton & Potts, eds.), 37-59. Kluwer Academic Publishers.
- **Ward, D. M., Ferris, M. J., Nold, S. C., Bateson, M. M., Kopczynski, E. D., & Ruff-Roberts, A. L. (1994).** Species diversity in hot spring microbial mats as revealed by both molecular and enrichment culture approaches—relationship between biodiversity and community structure. In *Microbial Mats* (pp. 33-44). Springer Berlin Heidelberg.
- **Waterbury, J. B. & Stanier, R. Y. (1977).** Two unicellular cyanobacteria which reproduce by budding. *Archives of Microbiology*, 115(3): 249-257.
- **West, G. S. (1904).** *West Indian freshwater algae*.
- **Whitton BA, Ward D, Castenholz R, Miller S (2012).** Cyanobacteria in geothermal habitats. Ecology of cyanobacteria II. Springer, Netherlands, pp 39–63
- **Whitton, B.A., John, D.M., Kelly, M.G. & Haworth, E.Y. (2003).** *A coded list of freshwater algae of the British Isles*. Second Edition. World-wide Web electronic publication .
- **Woese, C. R., Kandler, O., & Wheelis, M. L. (1990).** Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(12): 4576-4579.
- **Wohletz, K., & Heiken, G. (1992).** *Volcanology and geothermal energy* (p. 432). Berkeley: University of California Press.
- **Wynn-Williams, D. D. (2000).** Cyanobacteria in deserts—life at the limit?. In *The ecology of cyanobacteria* (Whitton & Potts, eds.), 341-366. Springer Netherlands.

Ελληνική Βιβλιογραφία

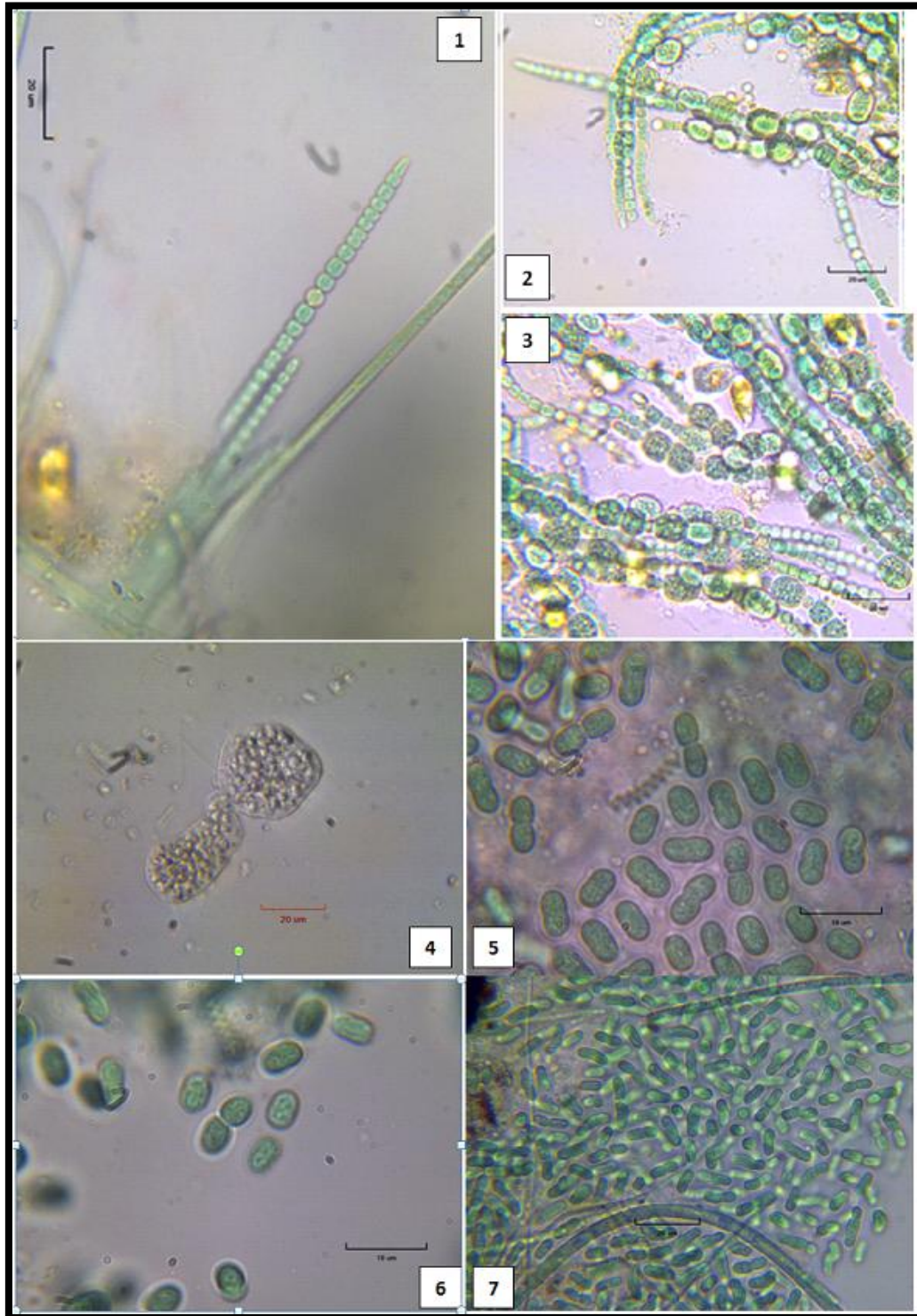
- **Αθανασούλης Κ., Βουγιουκαλάκης Γ., Ξενάκης Μ., Καβούρη Κ., Κανελλόπουλο Χ., Χριστοπούλου Μ., Σταθά Φ., Ρηγόπουλο Π., Σπαγάκο Ν., Τσίγκα Θ., Παπαδάτου Μ., (2016):** «Διαχρονική παρακολούθηση ιαματικών πηγών και γεωθερμικών πεδίων της χώρας», Ι.Γ.Μ.Ε., ΕΣΠΑ 2007-2013 / Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» / Έργο «Αποτίμηση γεωθερμικού ενεργειακού δυναμικού σε

επιλεγμένες περιοχές για περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δυναμικού θερμομεταλλικών υδάτων και ιαματικών φυσικών πόρων (ΓΕΩΘΕΝ)», Αθήνα.

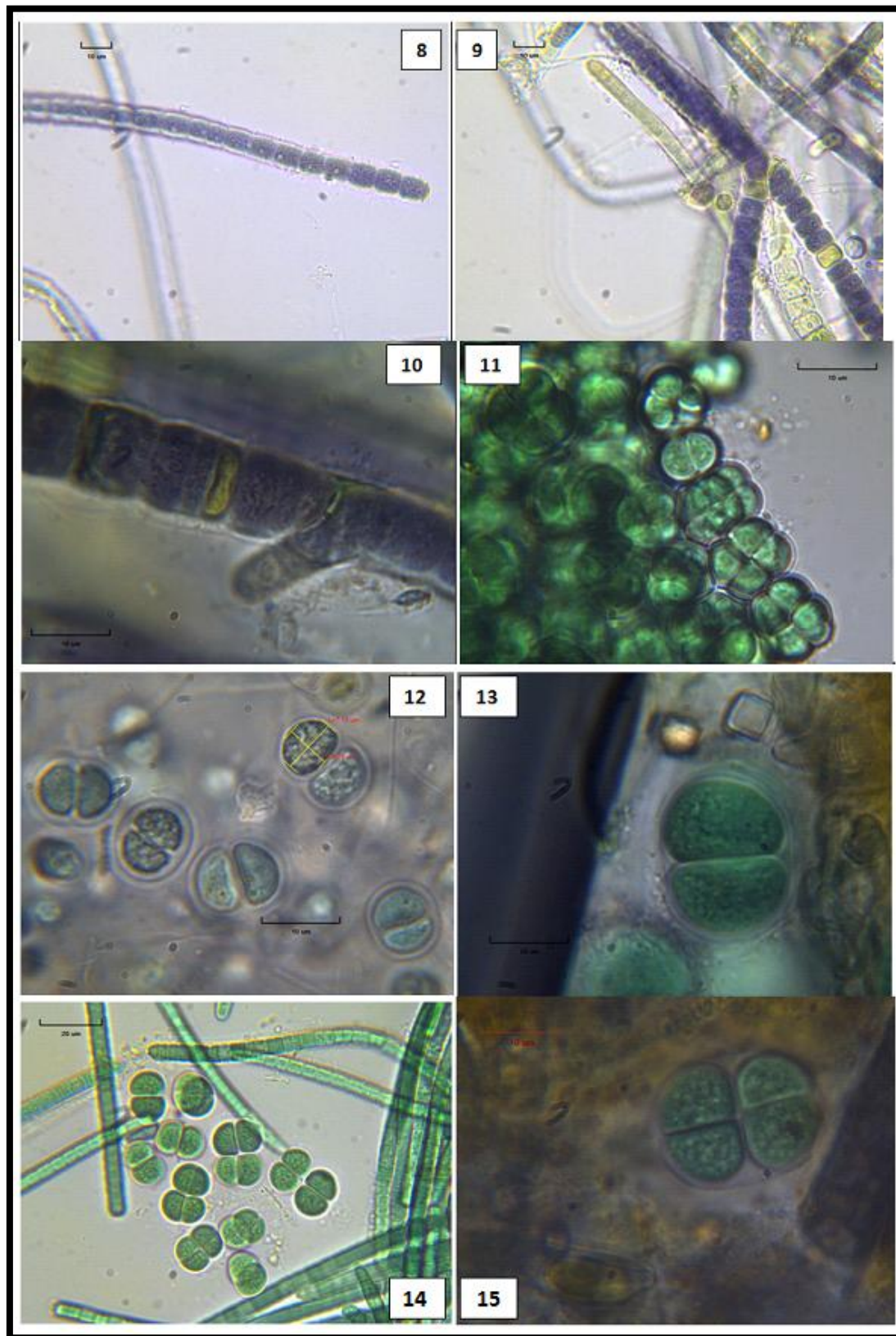
- **Βακαλόπουλος, Π., Ξενάκης, Μ., Βουγιουκαλάκης, Γ., Κανελλόπουλος, Χ., Χριστοπούλου, Μ., Σταθά, Φ., (2016):** Γεωθερμική διερεύνηση για μέση – υψηλή ενθαλπία Αιδηψού. Ι.Γ.Μ.Ε., ΕΣΠΑ 2007-2013 / Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα» / Έργο «Αποτίμηση γεωθερμικού ενεργειακού δυναμικού σε επιλεγμένες περιοχές για περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δυναμικού θερμομεταλλικών υδάτων και ιαματικών φυσικών πόρων (ΓΕΩΘΕΝ)», Αθήνα.
- **Κακαβάς, Ν., (1984).** Υδρογεωλογική-υδροχημική έρευνα ευρύτερης περιοχής του γεωθερμικού πεδίου Αιδηψού νομού Ευβοίας και υδρογεωλογικές έρευνες. Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

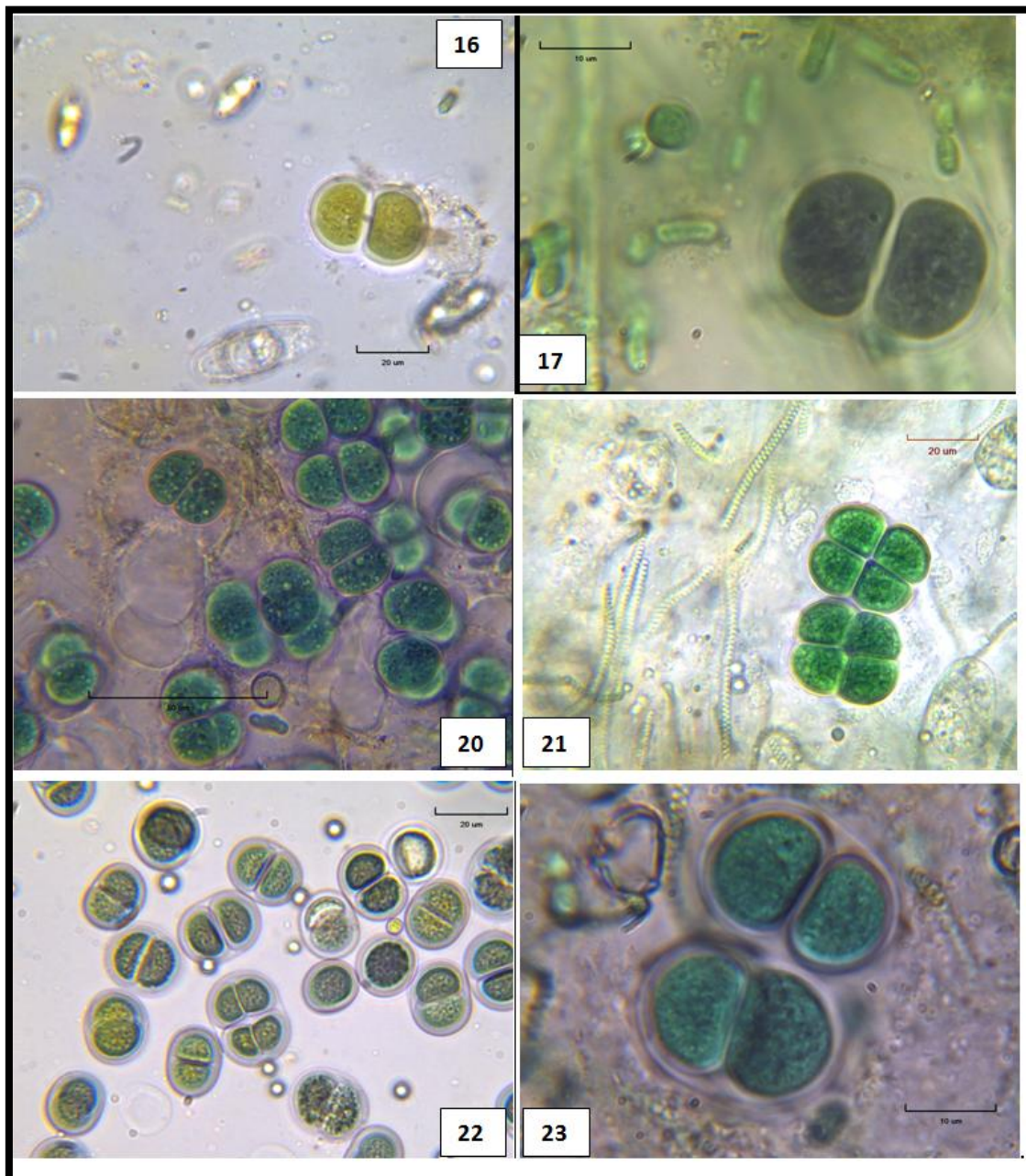
Παράρτημα 1



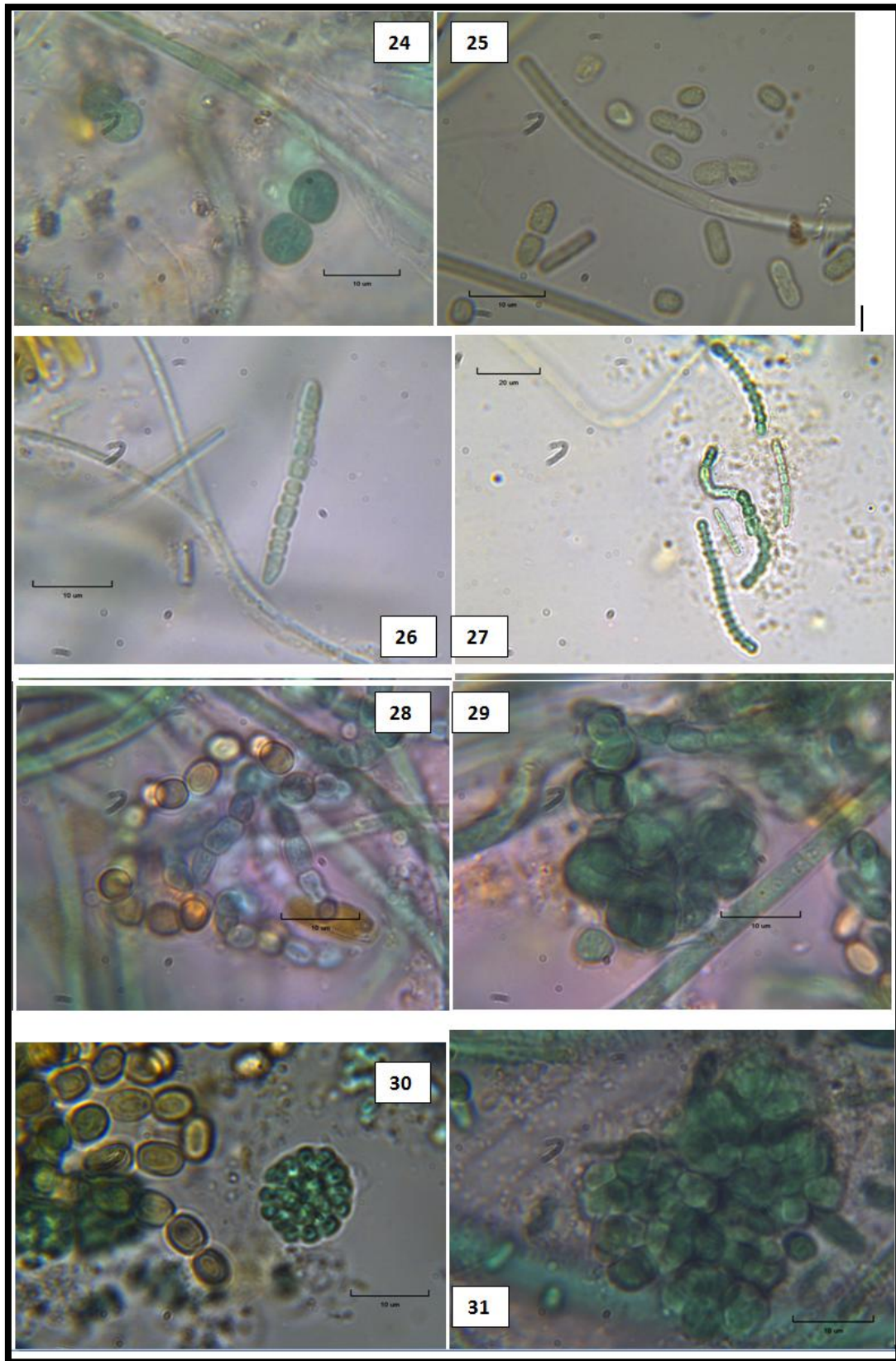
Πλαίσιο Εικόνων 7.1 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (1-3) *Anabaena iyengarii* εμφάνιση ακινήτων, ετεροκύστης και ακραίου κυττάρου, (4) Αποικία *Arhanocapsa thermalis*, (5-6) Αποικία *Arhanothece bullosa*, (7) Αποικία *Arhanothece cf. microscopica*.



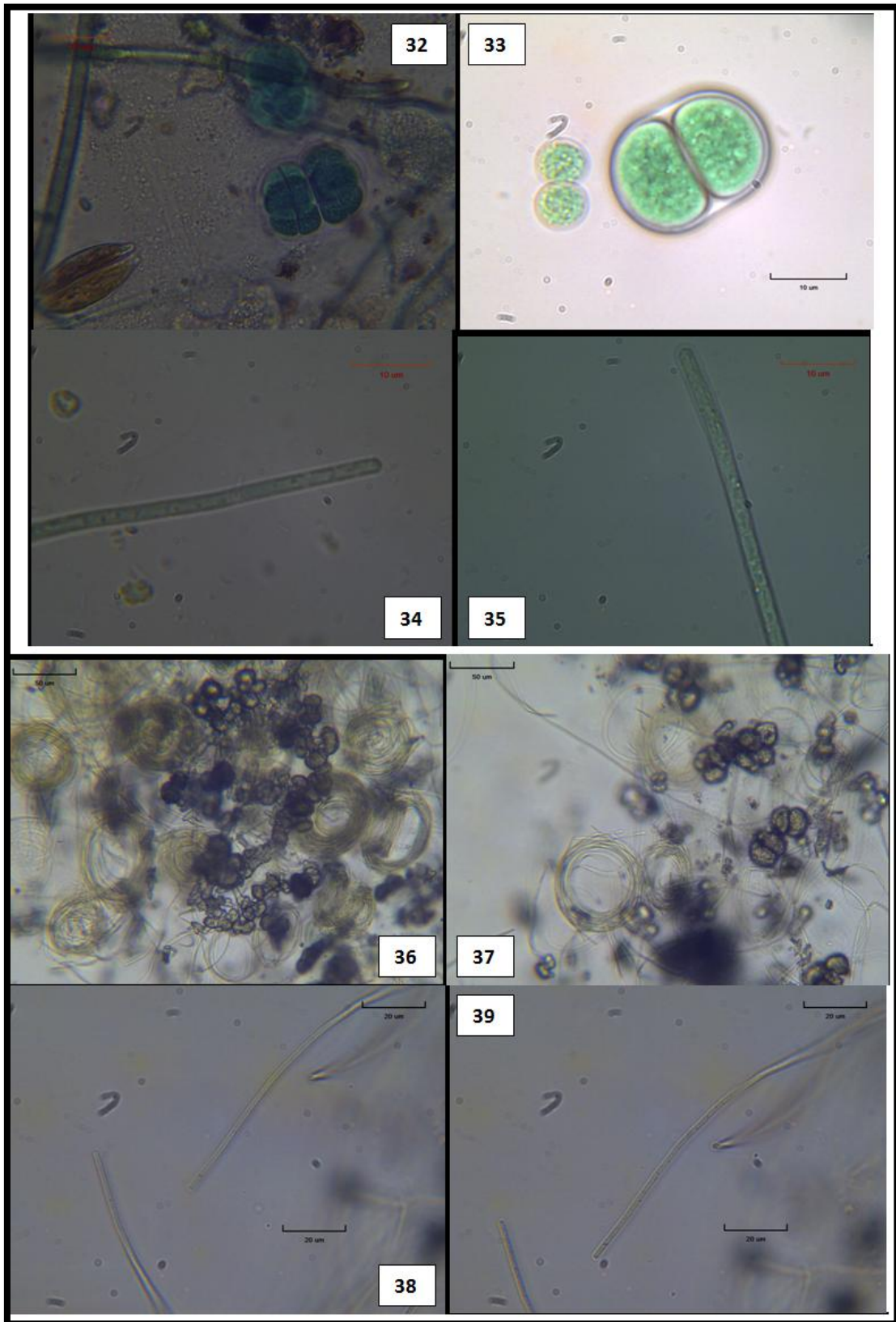
Πλαίσιο Εικόνων 7.2 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο.. (8) *Brasillonema* cf. *angustatum* λεπτότερος δευτερογενής κλάδος, (9-10) *Brasillonema* cf. *angustatum* πρωτογενής κλάδος με παρεμβόλιμες ετεροκύστες και ψευδή διακλάδωση με σχηματισμό νεκριδίου, (11) Αποικία *Chroococciopsis thermalis*, (12) Δικύτταρες αποικίες *Chroococcus* cf. *mediocris* με εμφανή στρωμάτωση (lamellation), (13) *Chroococcus* cf. *turgidus*, (14) *Chroococcus lithophilus*, (15) *Chroococcus minutus* με θήκη.



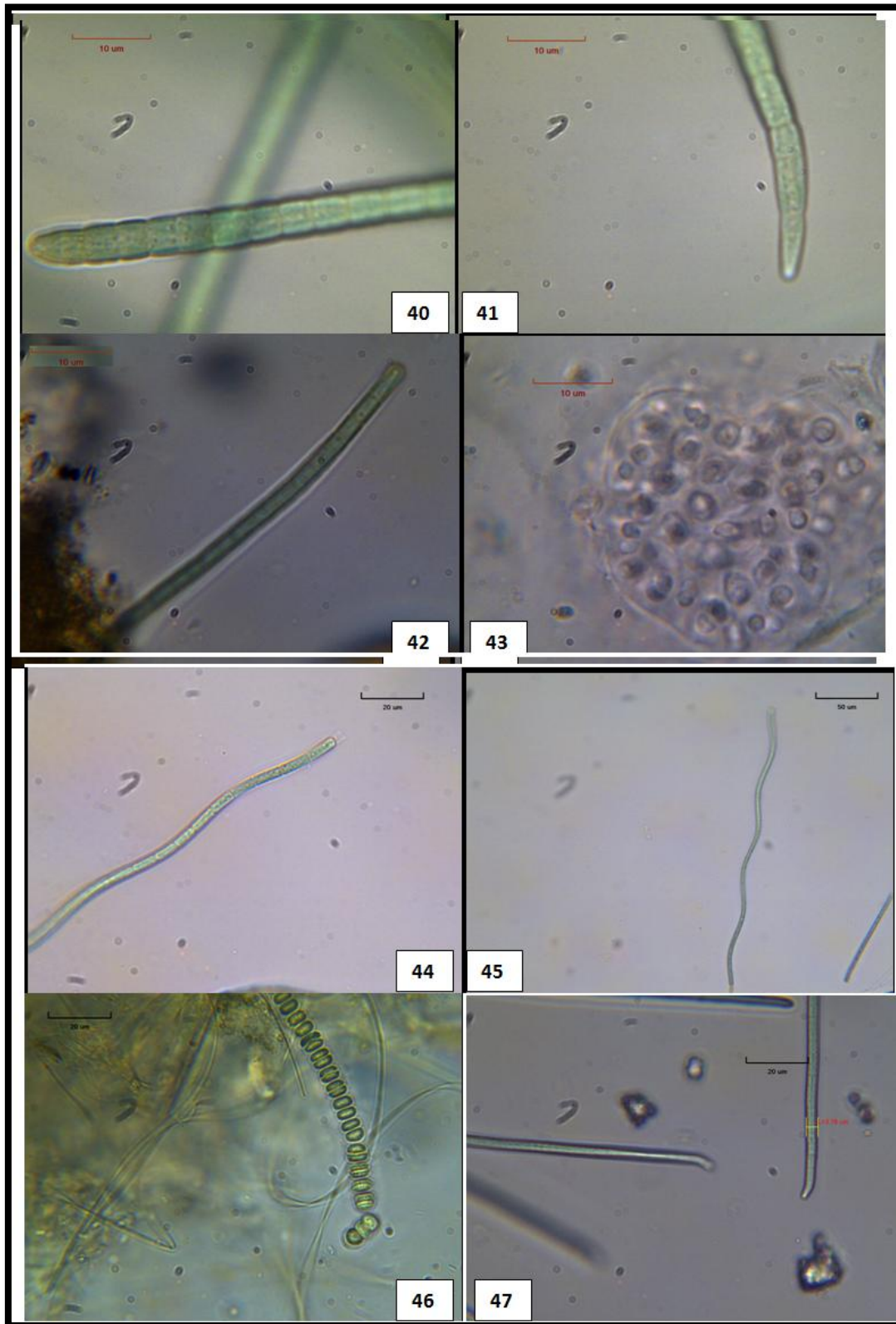
Πλαίσιο Εικόνων 7.3 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (16) *Chroococcus sunnidus*, (17) *Chroococcus subsphaericus* με έντονο *circa*, (18-19) Αποικίες *Chroococcus thermalis* με εμφανή κοκκίωση στο εσωτερικό του κυττάρου, (20-23) Διαφορετικές μορφές του είδους *Chroococcus turgidus*.



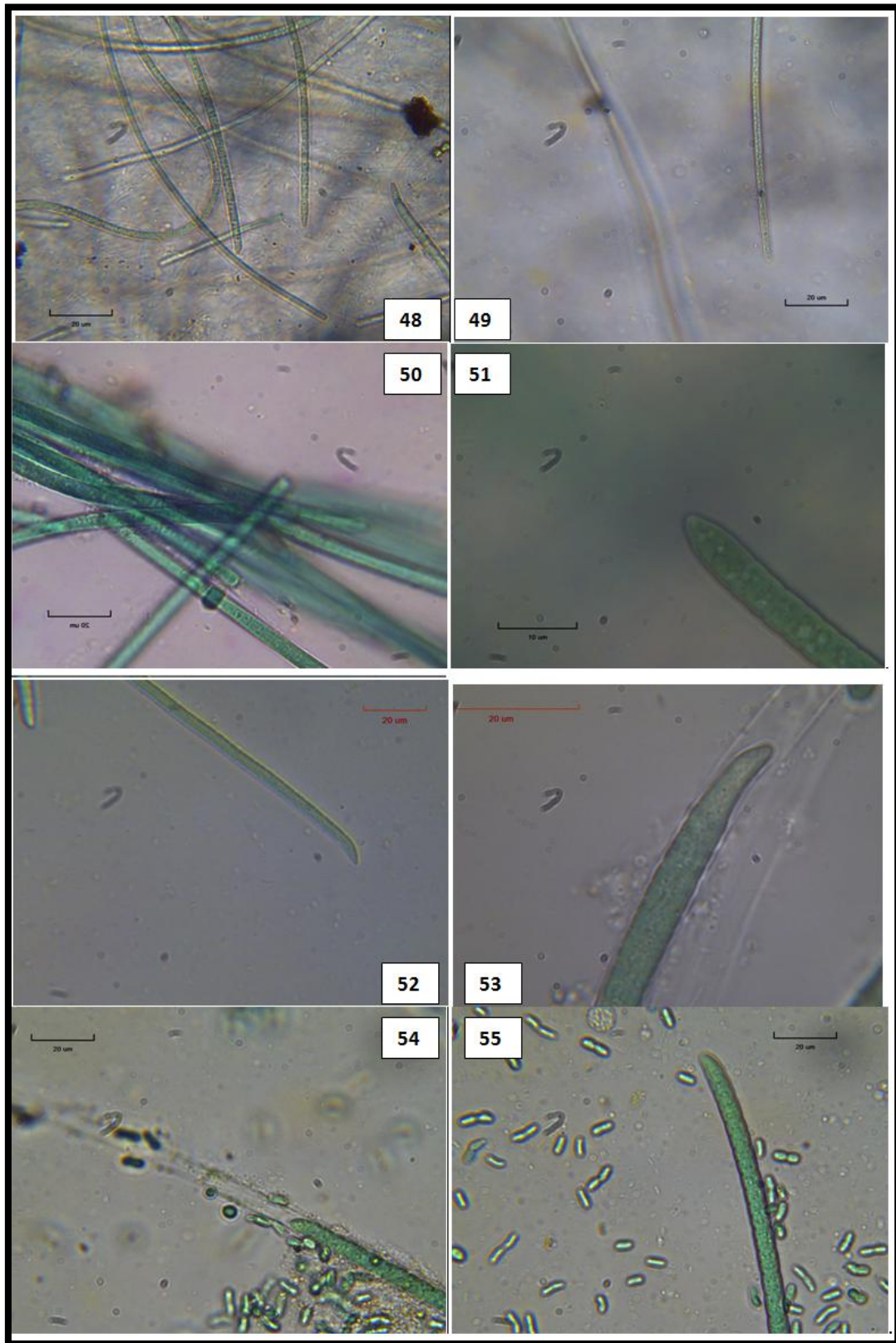
Πλαίσιο Εικόνων 7.4 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (24-25) Δικότταρες αποικίες *Cyanobacterium minervae*, (26-27) Πρώτο στάδιο ανάπτυξης του είδους *Cyanocohniella calida* (*Pseudanabaena* – like stage), (28) Δεύτερο στάδιο ανάπτυξης του είδους *Cyanocohniella calida* (*Nostoc* – like stage), (29) Τρίτο στάδιο ανάπτυξης του είδους *Cyanocohniella calida* (*Chlorogleopsis* – like stage), (30) Πυκνή αποικία *Cyanosarcina* cf. *burmensis*, (31) Πυκνή αποικία *Cyanosarcina* cf. *spectabilis*.



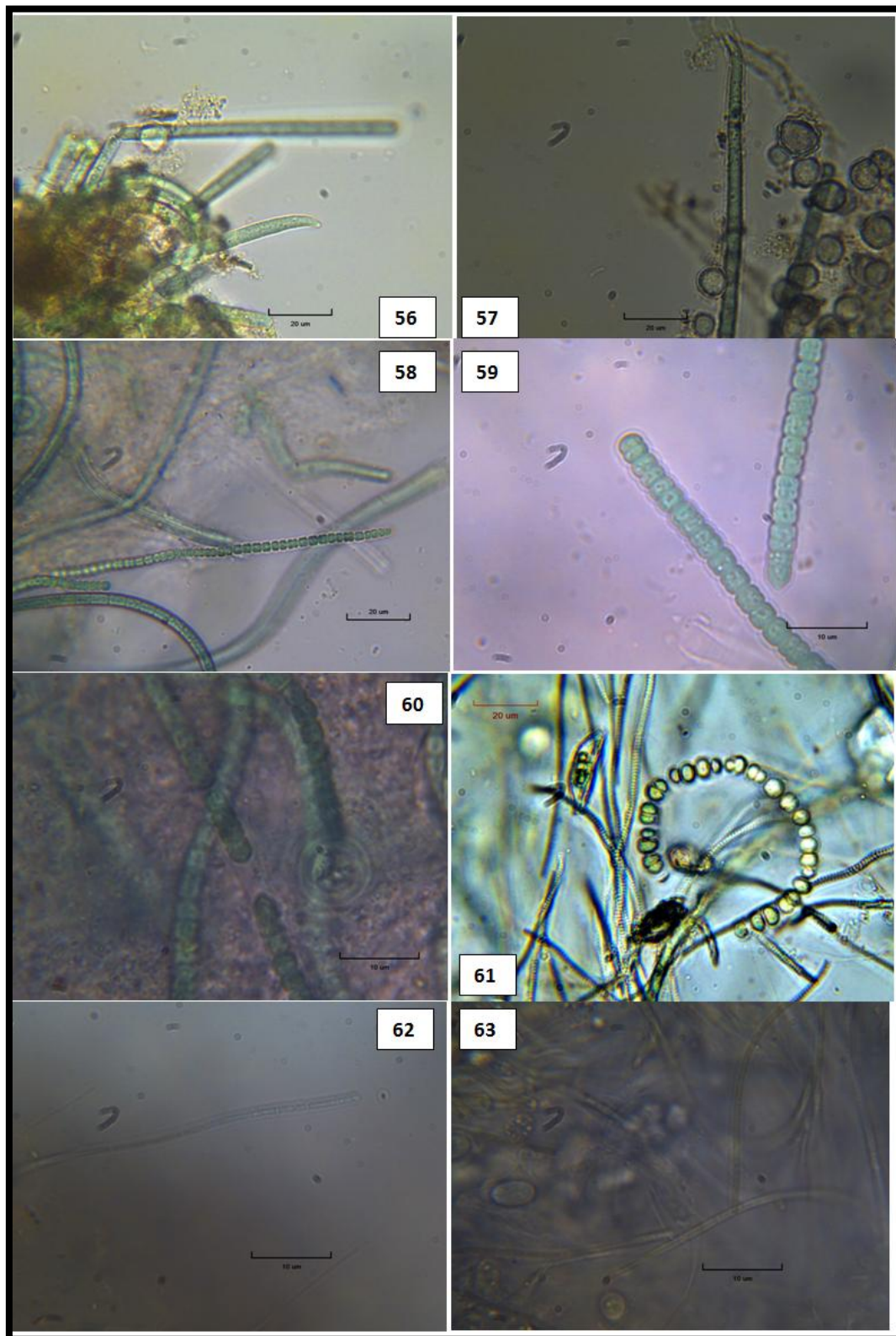
Πλαίσιο Εικόνων 7.5 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (32) Πολυκύτταρη αποικία του είδους *Cyanosarcina* cf. *thermalis*, (33) Δικότταρη αποικία με έντονη κοκκίωση του είδους *Cyanothece halobia*, (34-35) Νήματα με κοκκία στο κυτταρικό περιεχόμενο του είδους *Geitlerinema amphibium*, (36-37) Χαρακτηριστική «κοχλιοειδής ή δακτυλοειδής περιέλιξη τριχωμάτων» (Anagnostidis 1961) του είδους *Geitlerinema amphibium* f. *circinata*, (38-39) Ευθέα νήματα με ελαφρά κοκκίωση στο εσωτερικό τους του είδους *Geitlerinema amphibium* f. *circinata*.



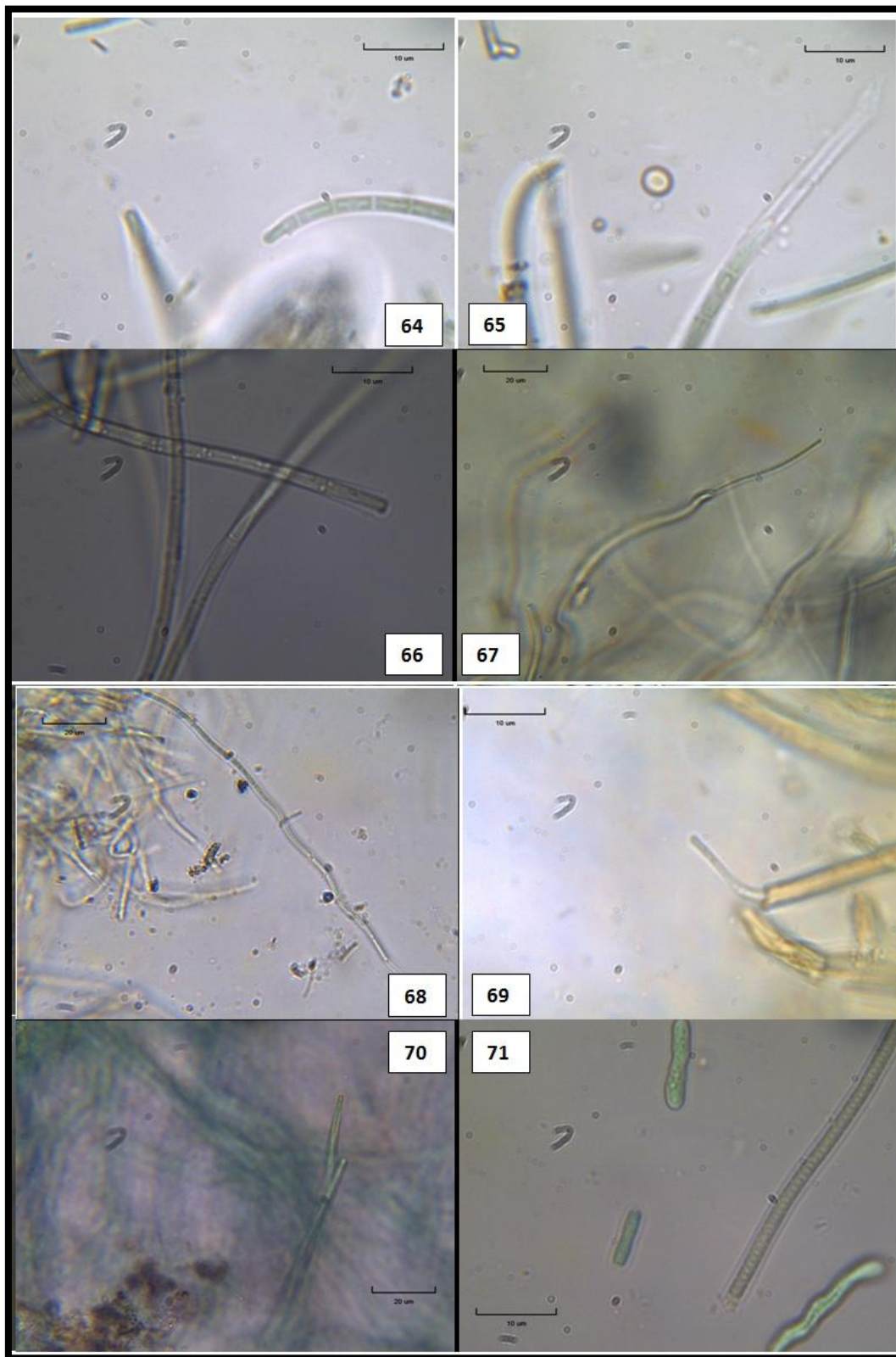
Πλαίσιο Εικόνων 7.6 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (40-41) Νήματα του είδους *Geitlerinema cf. numidicum* με έμφαση στο επάκριο κύτταρο το οποίο εμφανίζεται είτε αποστρογγυλεμένο είτε αγκιστροειδές, (42) Νήμα του είδους *Geitlerinema lemmermannii* με ελαφρά κοκκίωση, (43) Αποικία του είδους *Gleocarsa gelatinosa*, ακανόνιστου σχήματος περιβαλλόμενη από άχρωμη θήκη, (44-45) Ελαφρώς κυμαινόμενα νήματα του είδους *Jaaginema thermale*, (46) Ψευδονήματα εξαιρετικά μεγάλου μήκους του είδους *Johannesbaptistia pellucida*, (47) Νήματα του είδους *Kamptonema animale* με καμπτόμενο επάκριο κύτταρο.



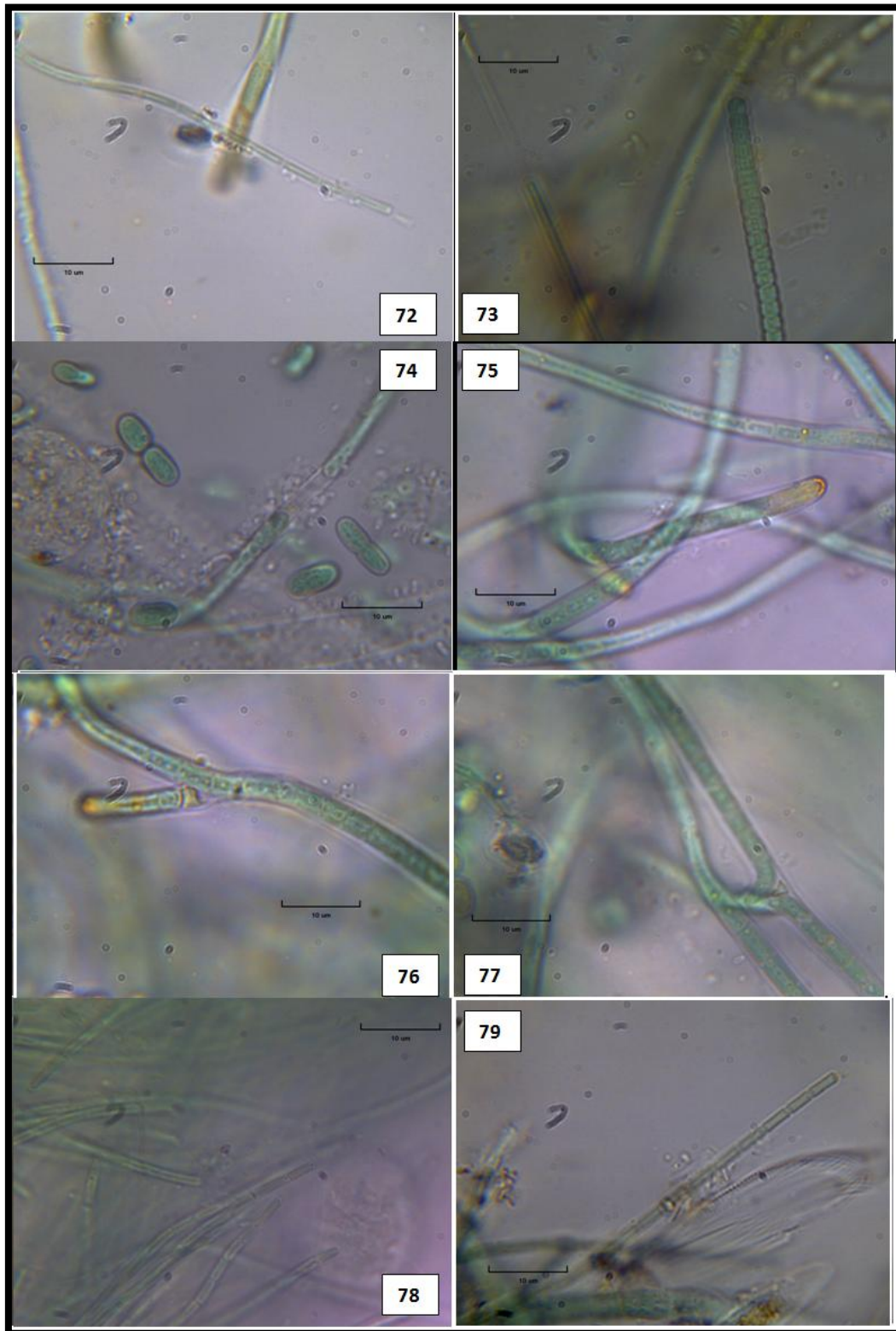
Πλαίσιο Εικόνων 7.7 Είδη του γένους *Kamptonema* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (48-49) Νήματα του είδους *Kamptonema chlorinum* με έντονη εσωτερική κοκκίωση, (50) Παραλλήλως διατεταγμένα νήματα του είδους *Kamptonema cortianum*, (51) Κωνικό επάκριο κύτταρο με απεστρωγγυλεμένο άκρο του είδους *Kamptonema chlorinum*, (52-53) Νήμα του είδους *Kamptonema formosum* με ελαφρώς καμπτόμενο επάκριο κύτταρο και εμφανή κολεό, (54-55) Νήμα του είδους *Kamptonema laetevirens* με ελαφρώς καμπτόμενο επάκριο κύτταρο και εμφανή κολεό.



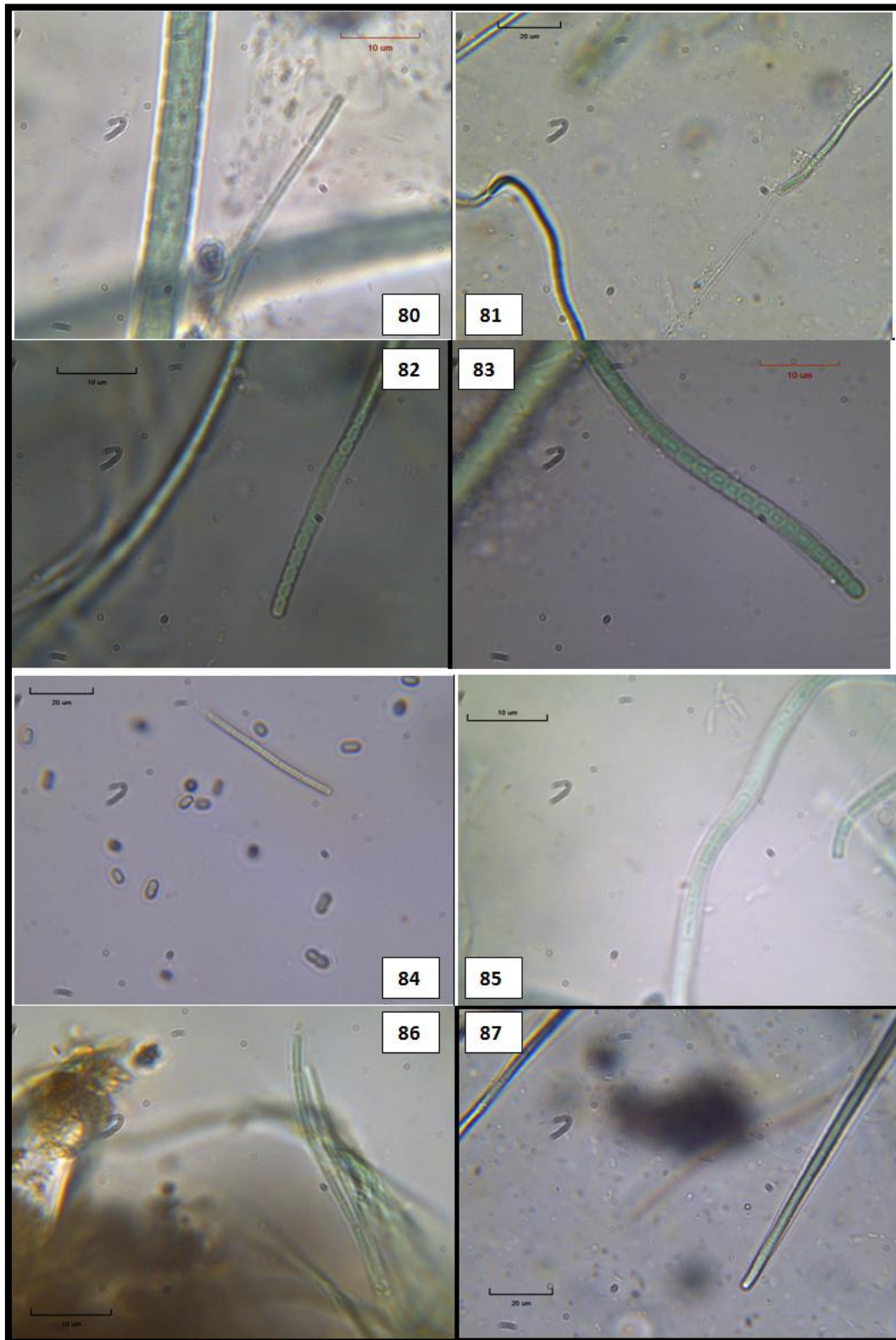
Πλαίσιο Εικόνων 7.8 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (56-57) Νήματα τα οποία ανήκουν στο γένος *Kamptonema* και καταγράφηκαν ως *Kamptonema* sp.A, καμπτόμενο επάκριο κύτταρο και ύπαρξη κολεού με εναποθέσεις ανθρακικού ασβεστίου, (58-60) Νήματα του είδους *Komnophoron anabaenoides* όπου φαίνεται το επάκριο τετραγωνισμένο κύτταρο καθώς και η ύπαρξη κολεού σε μερικά νήματα, (61) Μεμονωμένο νήμα του είδους *Komnophoron halobium* όπου φαίνεται η μεγάλη απόσταση μεταξύ των κυττάρων, (62) Μεμονωμένο νήμα του είδους *Leptolyngbya angustissima*, (63) Περιπελεγμένα νήματα τα οποία αναγνωρίστηκαν ως *Leptolyngbya* cf. *angusta*.



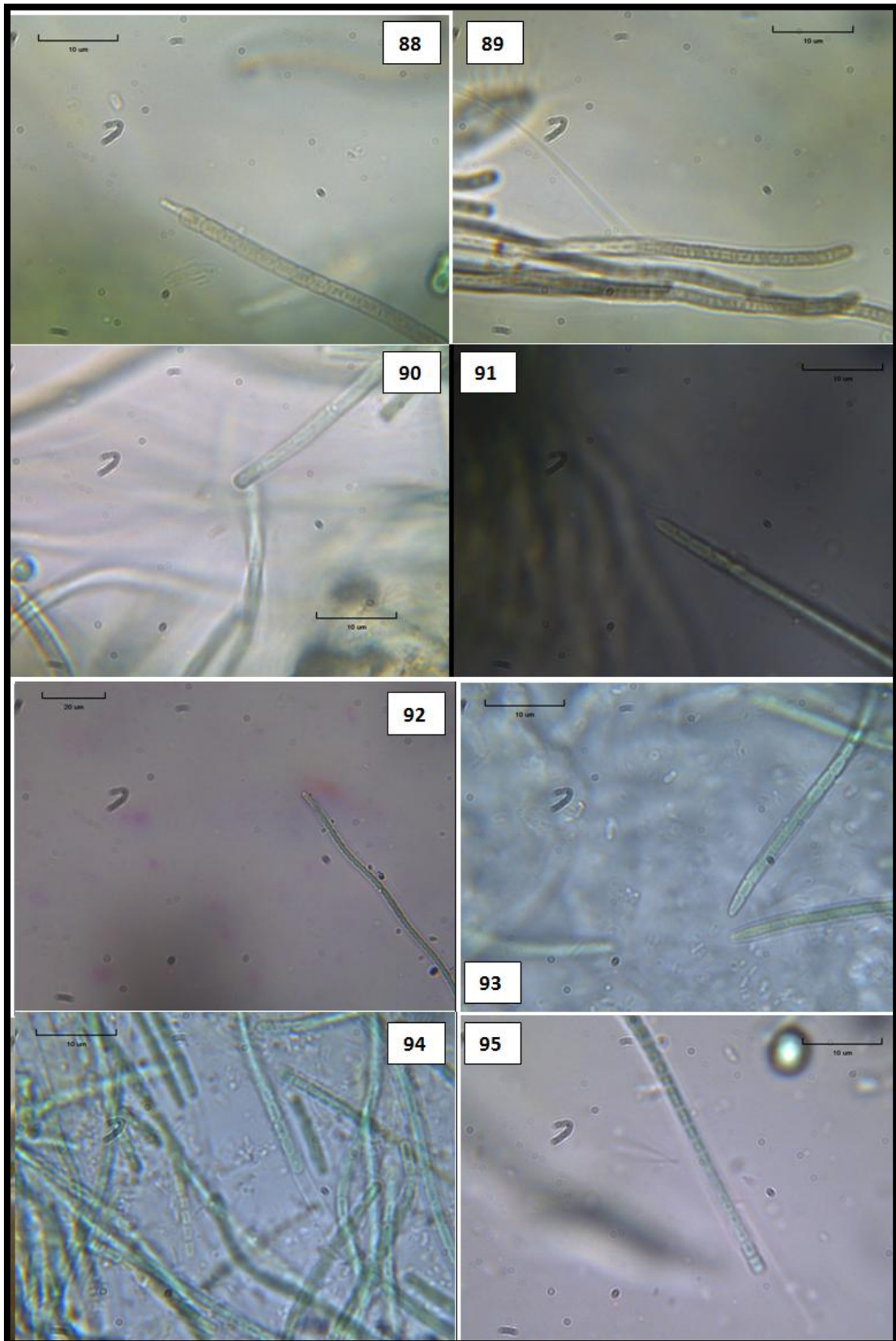
Πλαίσιο Εικόνων 7.9 Είδη του γένους *Leptolyngbya* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (64-65) Νήματα του είδους *Leptolyngbya cartilaginea* με εμφανή λεπτινόμενο επάκριο κύτταρο και παχύ κολεό, (66) Νήματα τα οποία αναγνωρίστηκαν ως *Leptolyngbya cf. copelandii* με εμφανή κοκκίωση στο κυτταρικό τους περιεχόμενο, (67-69) *Leptolyngbya cf. ferruginea* με εμφανή ενασβεστωμένο σχηματισμό στον κολεό, τα μη ενασβεστωμένα νήματα προέρχονται από το ανώτερο τμήμα του μικροβιακού τάπητα ενώ τα νήματα από τα κατώτερα στρώματα έχουν πλήρως ενασβεστωμένο κολεό ο οποίος δίνει την αίσθηση ασβεστικού σωλήνα, (70) *Leptolyngbya cf. orientalis*, (71) *Leptolyngbya cf. thermobia* με εφαπτόμενο κολεό.



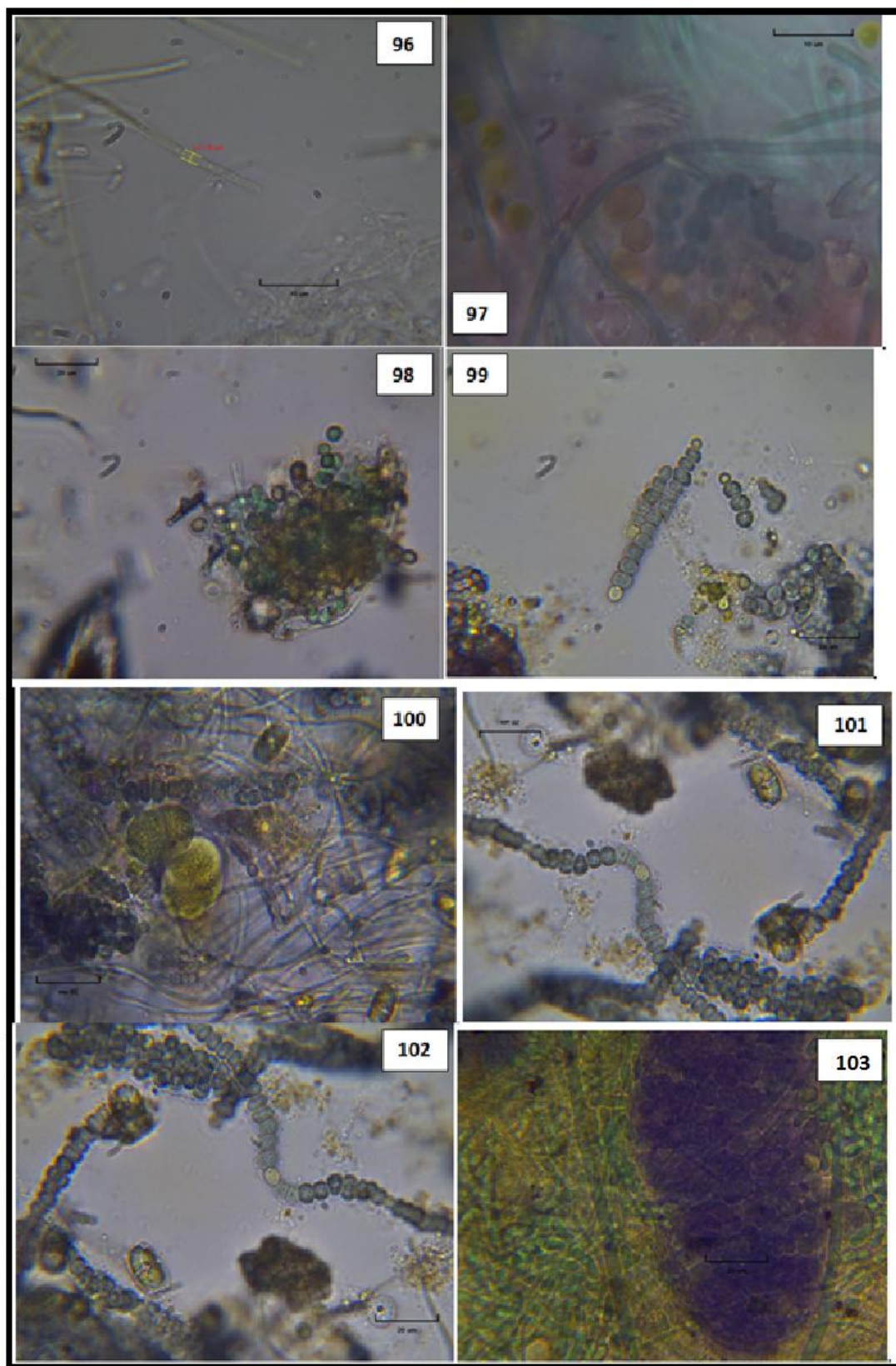
Πλαίσιο Εικόνων 7.10 Είδη του γένους *Leptolyngbia* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (72) Νήμα του είδους *Leptolyngbia ercegovicii* όπου φαίνεται ο λεπτός κολεός, (73-74) Νήματα του είδους *Leptolyngbia foveolara* όπου το ένα φαίνεται εντός κολεού ενώ στο άλλο ο κολεός απουσιάζει, (75-77) Νήματα του είδους *Leptolyngbia gracillima* με εμφανή ωχρο-ερυθροκίτρινο χρωματισμό στο πεπαχυμένο τοίχωμα του επάκριου κυττάρου και ψευδοδιακλαδώσεις, (78-79) Περιπελεγμένα νήματα του είδους *Leptolyngbia granulifera*.



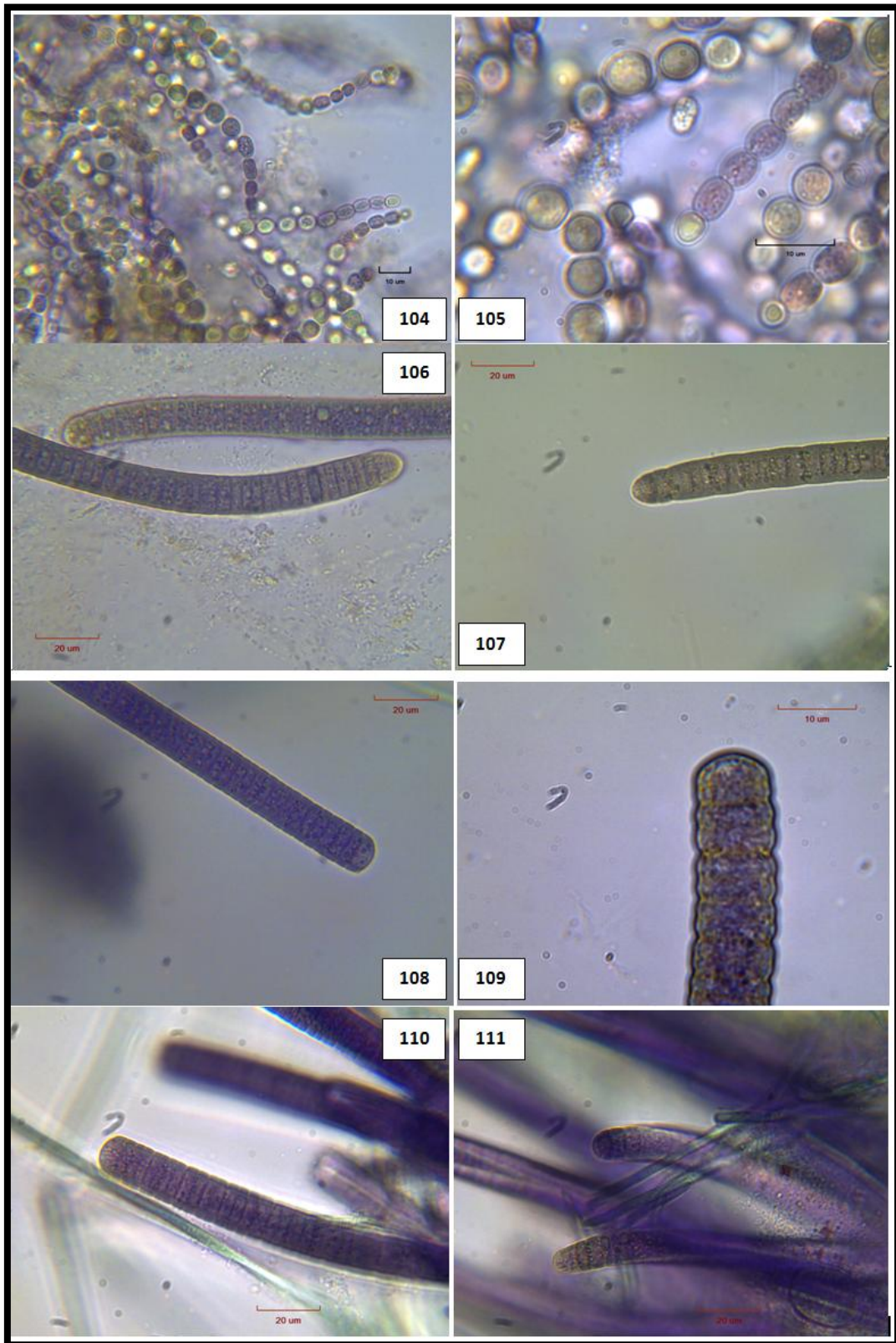
Πλαίσιο Εικόνων 7.11 Είδη του γένους *Leptolyngbia* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (80) *Leptolyngbia laminosa*, (81-83) Νήματα του είδους *Leptolyngbia lurida* με εμφανή κολεό, (84) Μονήρες νήμα του είδους *Leptolyngbia orientalis* με λεπτό δυσδιάκριτο κολεό, (85) Νήμα του είδους *Leptolyngbia perforans* μέσα σε παχύ δερματώδη κολεό, (86) Νήματα του είδους *Leptolyngbia pseudotenueis* τα οποία εξέρχονται από ασβεστιτικές δομές, (87) Νήμα του είδους *Leptolyngbia ramosa* με δυσδιάκριτα εγκάρσια τοιχώματα.



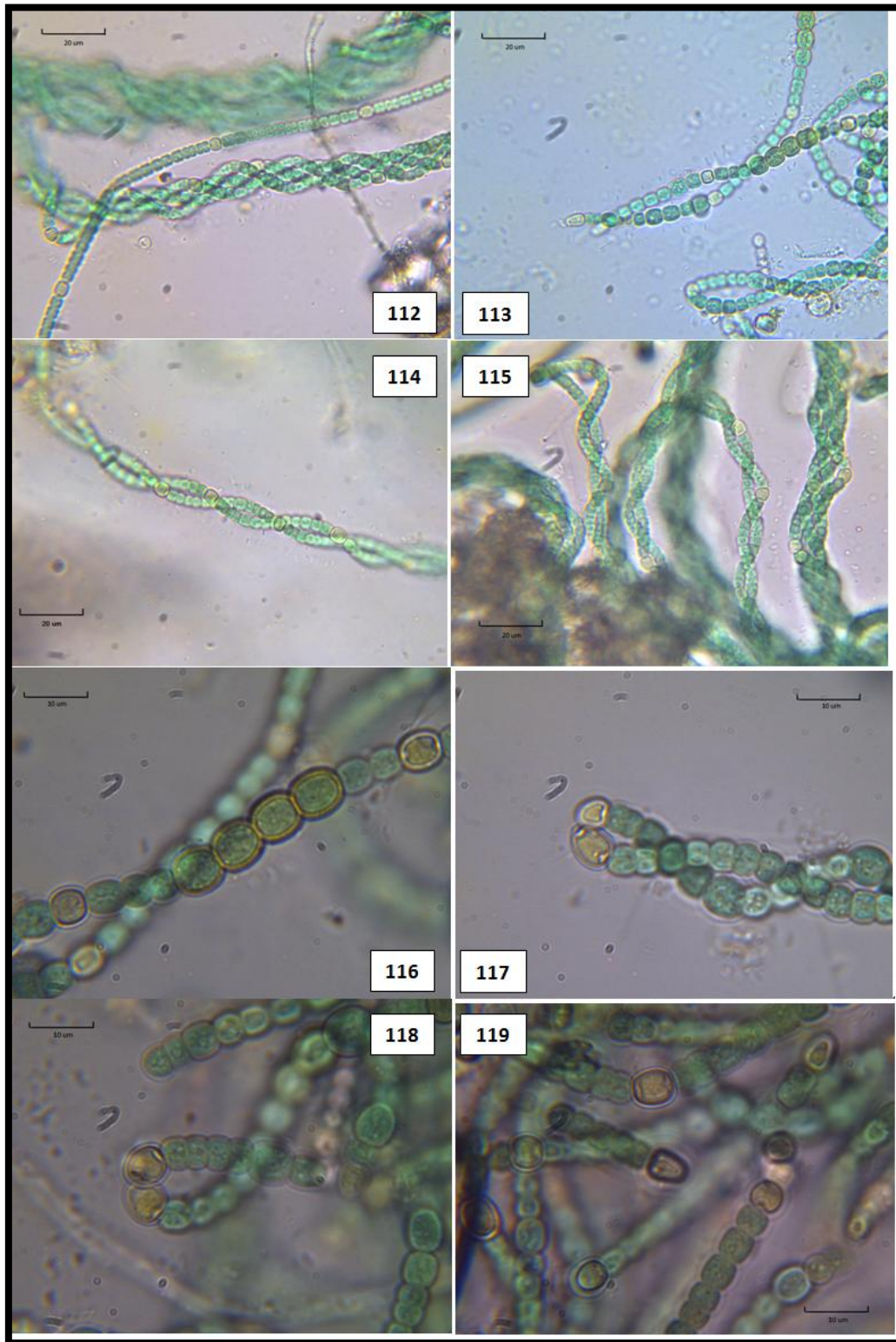
Πλαίσιο Εικόνων 7.12 Είδη του γένους *Leptolyngbia* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (88-89) *Leptolyngbia* sp.A, (90) *Leptolyngbia* sp.B, (91-92) Μονήρη νήματα του είδους *Leptolyngbia subuliformis*, (93-94) Νήματα του είδους *Leptolyngbia tenuis* ενίοτε εντός κολεού, (95) Νήμα του είδους *Leptolyngbia thermalis* εντός λεπτού, δυσδιάκριτου κολεού.



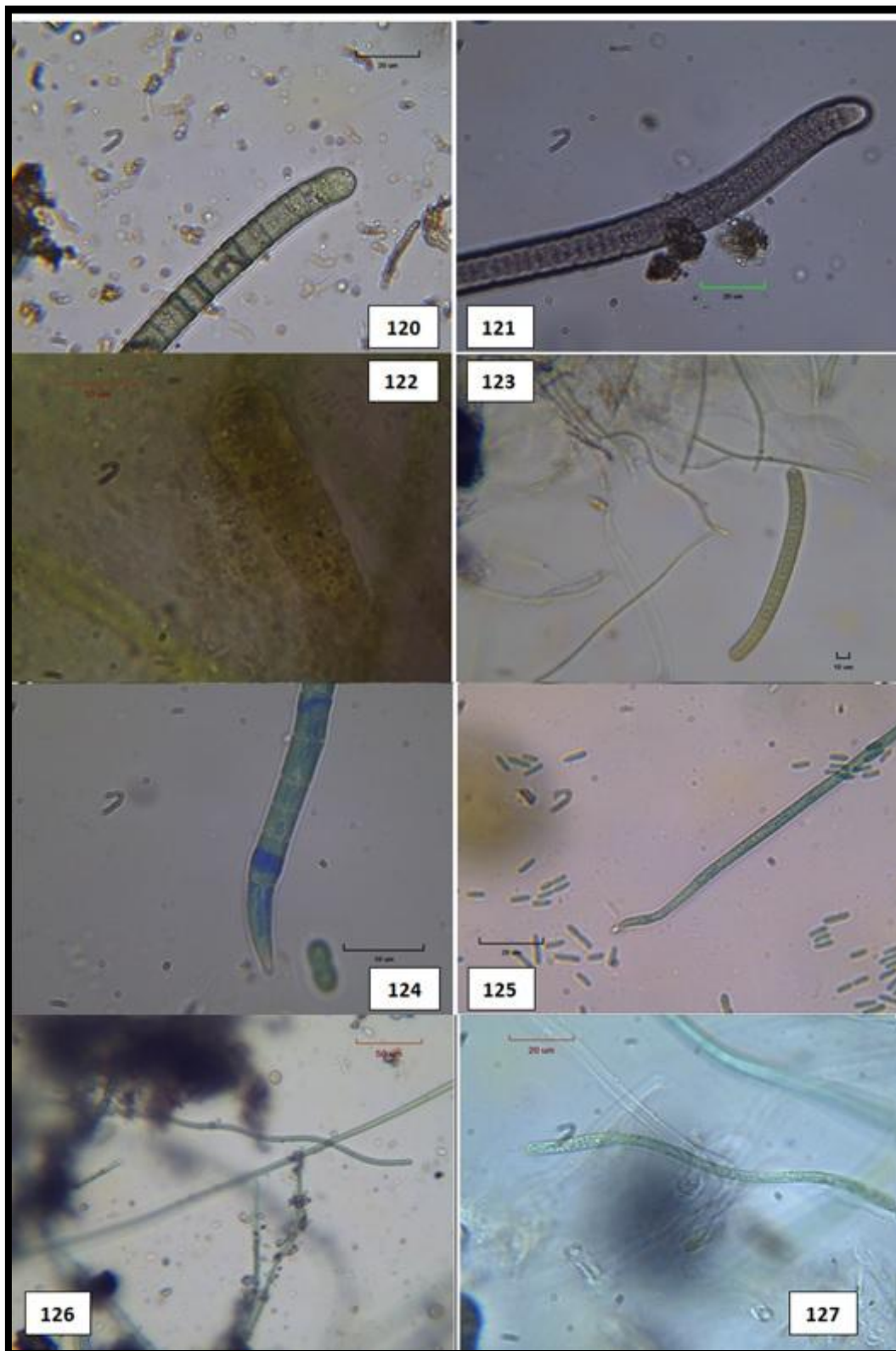
Πλαίσιο Εικόνων 7.13 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (96) Νήμα του είδους *Limnothrix redekei*, (97-98) Νήματα τα οποία ταξινομήθηκαν ως *Nostoc cf. calcicola* και εμφάνιση εμμόνων κυττάρων, (99-102) *Nostoc punctiforme* με εμφανείς φαιο-πράσινες ετεροκύστες, (103) Αποικία είδους που αναγνωρίστηκε σε επίπεδο γένους ως *Nostoc sp.A*.



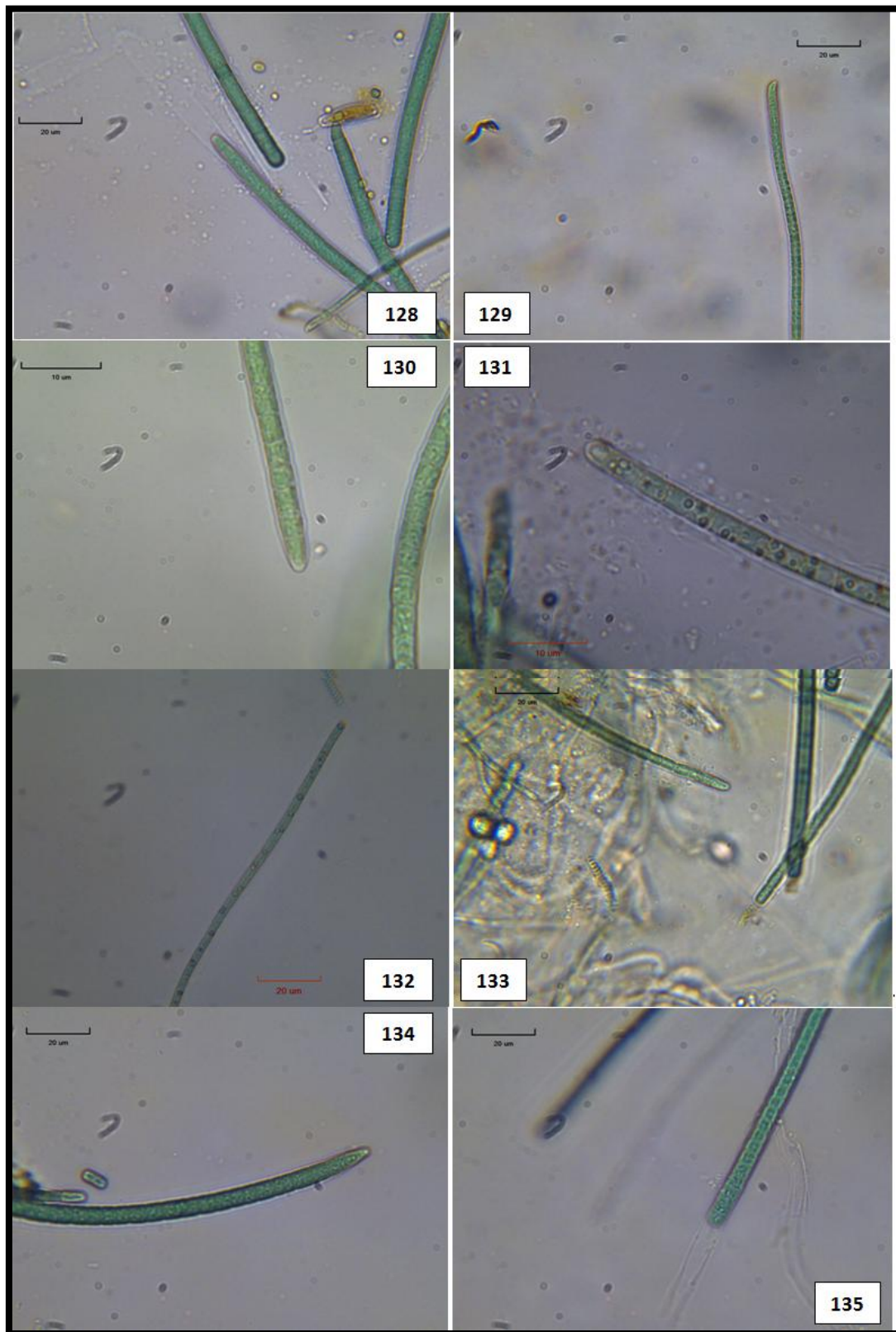
Πλαίσιο Εικόνων 7.14 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (104-105) *Nostoc* sp.B με ωχροπράσινες παρεμβόλιμες και ακραίες ετεροκύστεις και ωσειδή έμμονα κύτταρα. (106-107) Νήματα είδους που αναγνωρίσθηκε ως *Oscillatoria* cf. *ornata* με λεπυνόμενο – αποστρογγυλεμένο επάκριο κύτταρο, (108-109) Νήματα του είδους *Oscillatoria crassa*, (110-111) Παραλλήλως διατεταγμένα τριχώματα του είδους *Oscillatoria curviceps*.



Πλαίσιο Εικόνων 7.15 Το αναφερόμενο ως “Nostocales” κυανοβακτήριο όπως παρατηρήθηκε στο φωτονικό μικροσκόπιο. Δεν ήταν δυνατή η ταξινόμηση του ατόμου ούτε σε επίπεδο είδους, ούτε σε επίπεδο γένους και ως εκ τούτου αναφέρεται ως “Nostocales”. (112-114) Περιτεπλεγμένα νήματα του ατόμου “Nostocales” με εμφανείς ακραίες και παρεμβόλιμες ετεροκύστες, (116) Έμμονα κύτταρα ατόμου “Nostocales”, (117-119) Αναδίπλωση των νημάτων ατόμου “Nostocales” και διάσπαση της δίπορης παρεμβόλιμης ετεροκύστεως σε δύο μονόπορες – ακραίες ετεροκύστες.



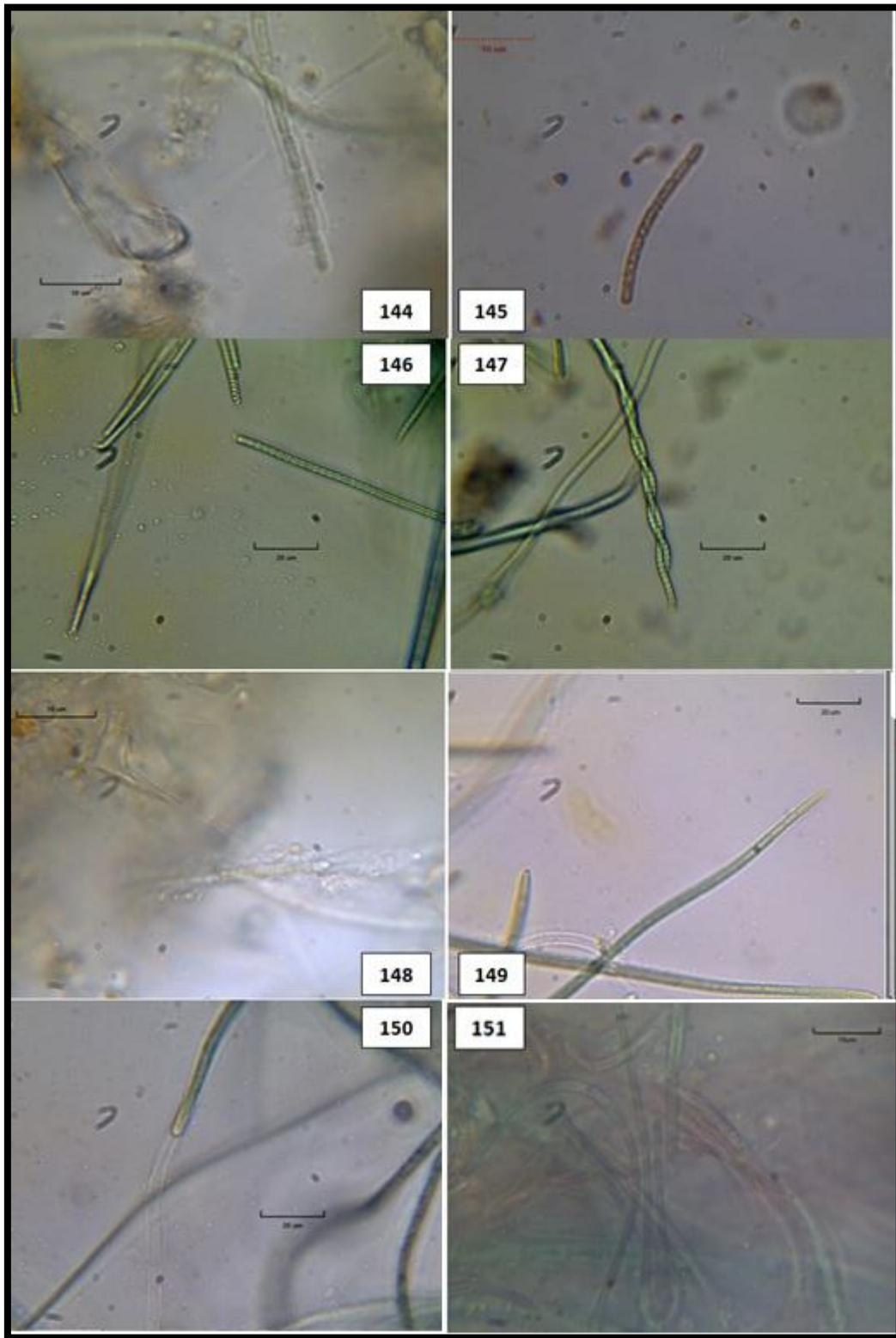
Πλαίσιο Εικόνων 7.16 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (120) Νήμα του είδους *Oscillatoria nigroviridis* με έντονη κοκκίωση στο κυτταρικό περιεχόμενο, (121) *Oscillatoria* sp. B με λεπυνόμενο-αποστρωγγυλεμένο επάκριο κύτταρο, (122) *Oscillatoria* sp. C εντός βλέννης (EPS), (123) Μεμονωμένο τρίχωμα του είδους *Oscillatoria subbrevis*, (124-126) Νήματα του είδους *Oxyphema acuminatum* όπου φαίνεται η έντονη κύμαση των νημάτων, το μεταβλητό επάκριο κύτταρο καθώς και οι περιοχές με έντονο κυανο-ιώδη χρωματισμό, (127) Κυμαινόμενο νήμα του είδους *Phormidium acidophilum* με εμφανή κοκκίωση στο κυτταρικό περιεχόμενο.



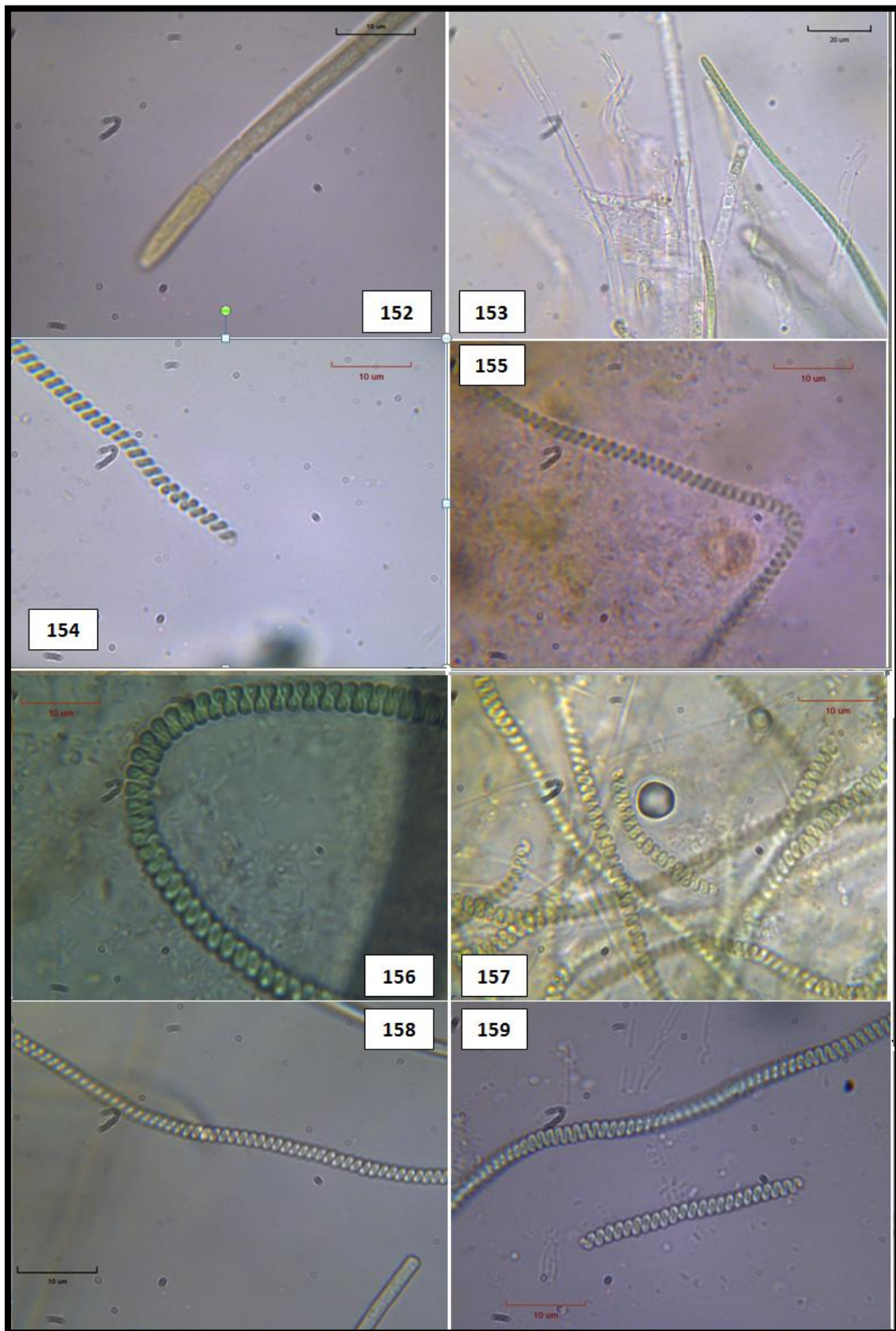
Πλαίσιο Εικόνων 7.17 Είδη του γένους *Phormidium* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (128) *Phormidium* cf. *abronema* ενίοτε εντός κολεού, (129-130) *Phormidium* cf. *molischii* με ενίοτε καμπτόμενο επάκριο κύτταρο, (131-132) *Phormidium chlorinum* με εμφανή μεγάλα κοκκία στο περιεχόμενό του, (133) *Phormidium corium*, (134-135) *Phormidium inundatum* ενίοτε εντός κολεού και επάκριο κύτταρο κωνικό ή αποστρογγυλεμένο.



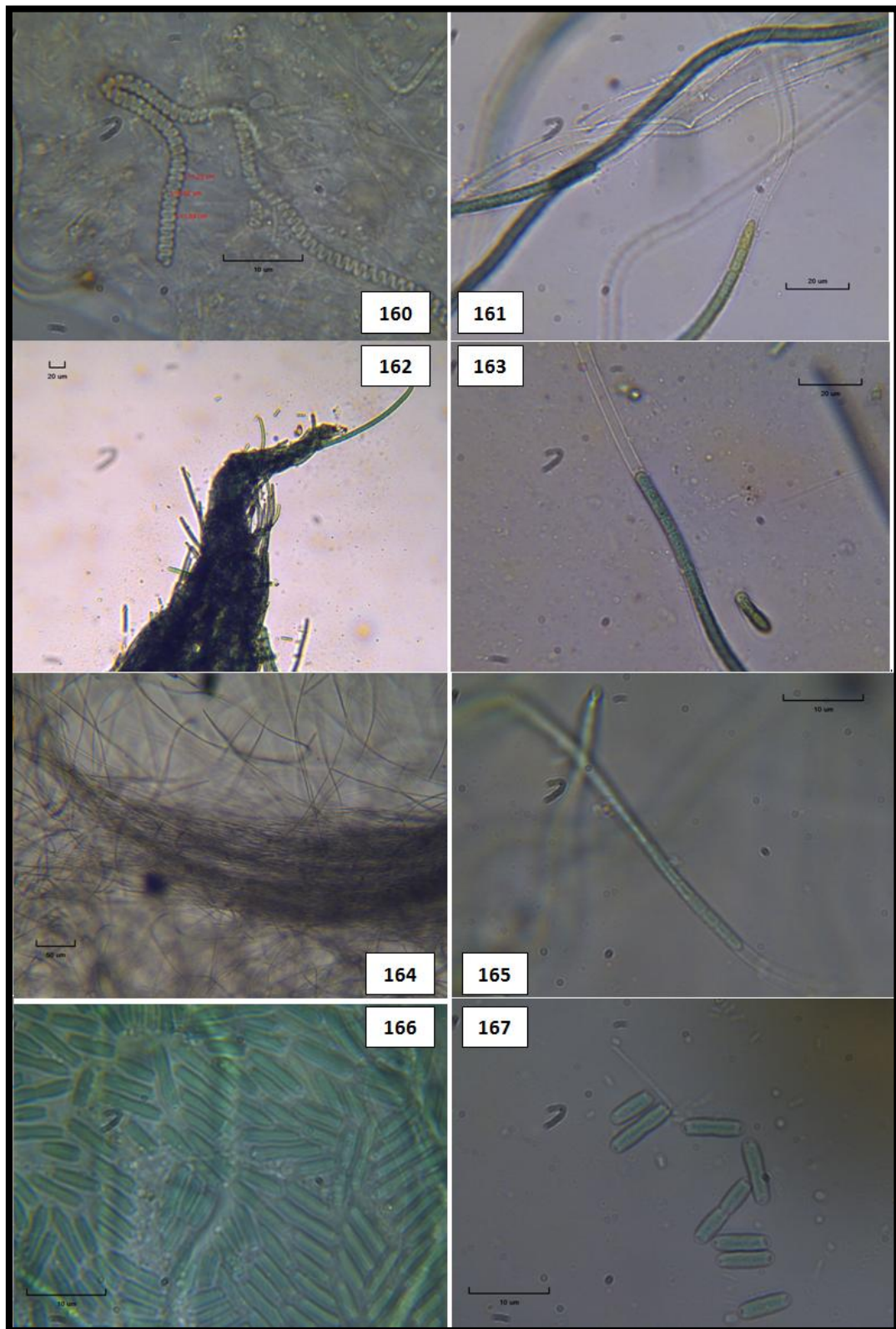
Πλαίσιο Εικόνων 7.18 Είδη του γένους *Phormidium* όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (136) *Phormidium janthiphorum* με λεπυνόμενο – κωνικό επάκριο κύτταρο, (137) *Phormidium molischii* όπου φαίνεται χαρακτηριστικά ο ζελατινώδης κολεός με αποθέσεις CaCO_3 , (138) *Phormidium molle*, κύτταρα με ελαφρά σύσφιξη και ομογενή κοκκίωση, (139) *Phormidium okenii* με ελαφρώς καμπτόμενο άκρο, (140) *Phormidium* sp.A με πολύ έντονη κύμανση και λεπυνόμενο άκρο, (141) *Phormidium tergestinum* με εμφανή μελανά κοκκία στο κυτταρικό περιεχόμενο, (142-143) Περιπεπλεγμένα νήματα του είδους *Phormidium thermobium* ενίοτε εντός κολεού, με αποστρογγυλεμένο ή κωνικό επάκριο κύτταρο.



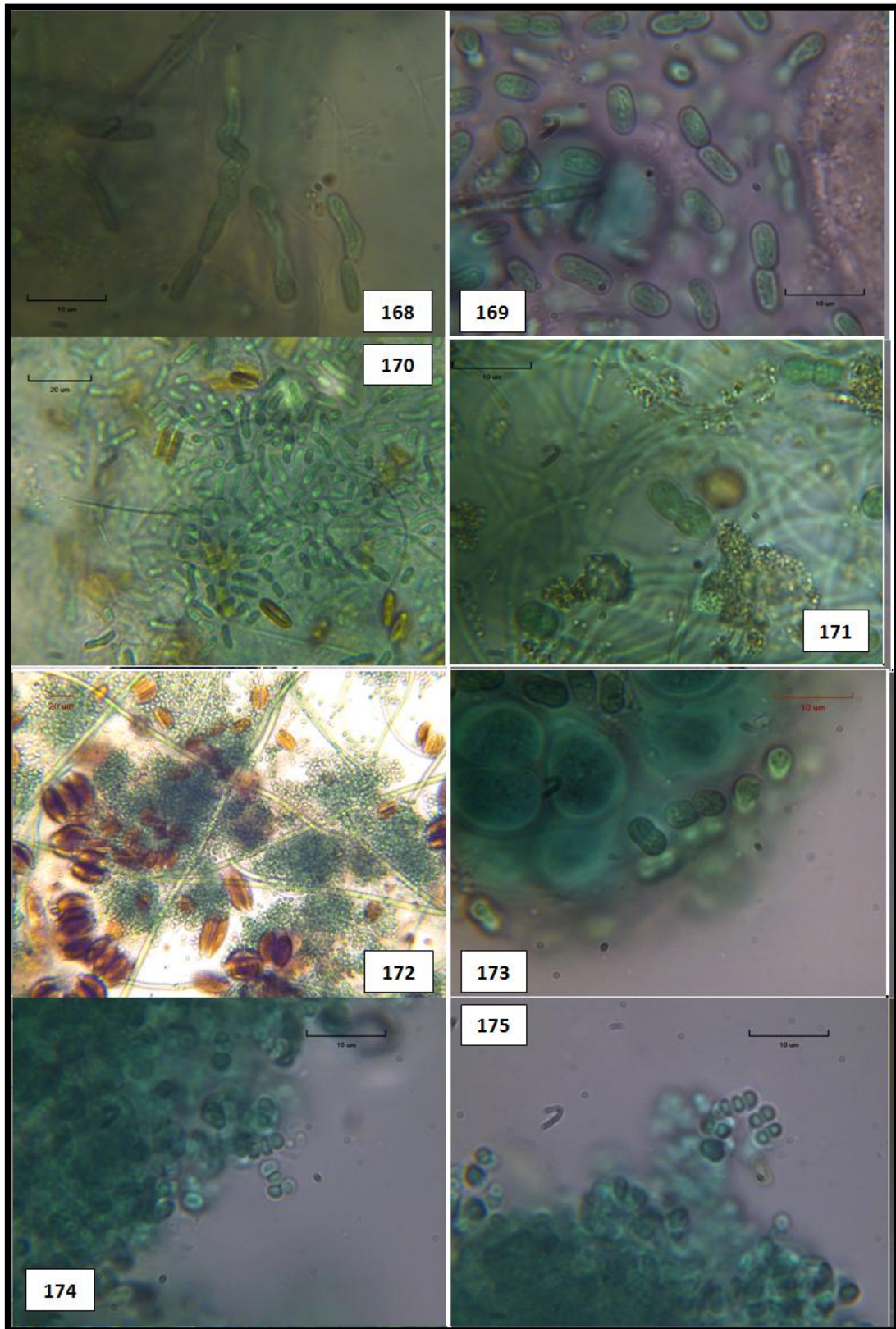
Πλαίσιο Εικόνων 7.19 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (144) *Pseudanabaena catenata* με εμφανή κολεό και ύπαρξη κενού ανάμεσα στα κύτταρα, (145) Μεμονωμένο νήμα του είδους που αναγνωρίστηκε ως *Pseudanabaena cf. rosea*, (146-147) Νήματα του είδους *Pseudanabaena minima* με έντονη κυανοπράσινη απόχρωση, (148) *Schizothrix cf. calcicola* εντός λεπτού κολεού με αποθέσεις CaCO_3 , (149-150) *Schizothrix cf. lardacea* ενίοτε εντός κολεού, με κωνικό επάκριο κύτταρο, (151) *Pseudanabaena galeata* με εμφανή τα δύο χαρακτηριστικά κοκκία στο άκρο του επάκριου κυττάρου.



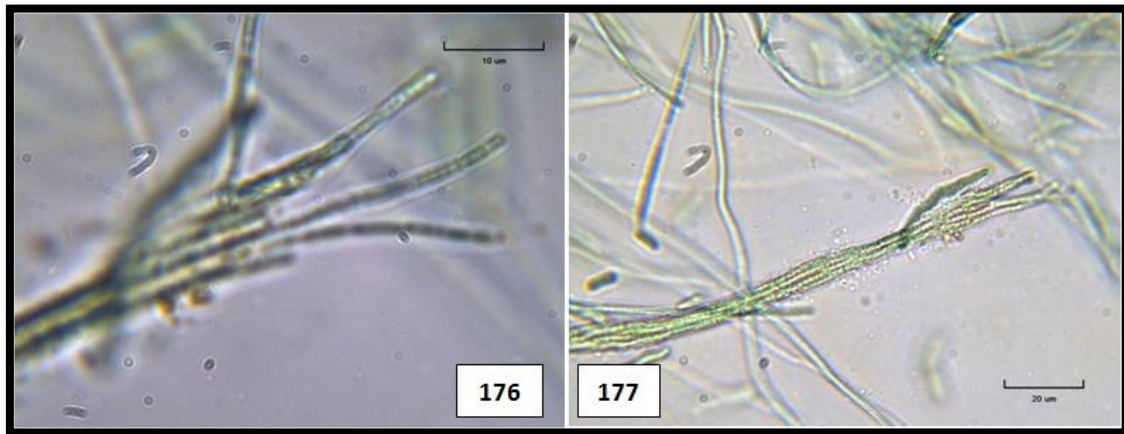
Πλαίσιο Εικόνων 7.20 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (152-153) Περιπελεγμένα νήματα του είδους *Schizothrix lardacea*, ενίοτε εντός κολεού, με λεπτινόμενο επάκριο κύτταρο, (154-155) *Spirulina cf. labyrinthiformis*, (156) Νήμα του είδους *Spirulina subsalsa* με εφασπτόμενες σπείρες, (157-159) Νήματα του είδους *Spirulina subtilissima*.



Πλαίσιο Εικόνων 7.21 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (160) *Spirulina tenuior*, (161) *Symploca cartilaginea*, (162) Χαρακτηριστικός «θυссανώδης» (erected fascicles) θαλλός του γένους *Symploca*, αποτελούμενος από περιπελεγμένα νήματα του είδους *Symploca muralis*, (163) Νήμα του είδους *Symploca muralis* εντός κολεού, (164) Χαρακτηριστικός «θυссανώδης» (erected fascicles) θαλλός του γένους *Symploca*, αποτελούμενος από περιπελεγμένα νήματα του είδους *Symploca thermalis*, (165) *Symploca thermalis*, (166-167) Εκτεταμένες αποικίες και άτομα του είδους *Synechococcus bigranulatus* με τα χαρακτηριστικά «πολικά κοκκία» εντός των κυττάρων.



Πλαίσιο Εικόνων 7.22 Είδη όπως παρατηρήθηκαν στο φωτονικό μικροσκόπιο. (168-169) *Synechococcus elongatus* f. *thermalis* με ενίοτε διαφοροποιημένα κύτταρα εξ αιτίας της θερμοκρασίας στην οποία ανευρέθη, (170) Πικνά διατεταγμένες αποικίες του είδους *Synechococcus nidulans*, (171) *Synechocystis minuscula*, (172-173) Δισκοειδείς αποικίες και κύτταρα του είδους *Synechocystis salina*, (174-175) Σφαιρικά κύτταρα του είδους *Synechocystis thermalis*.



Πλαίσιο Εικόνων 7.23 Είδος *Trichocoleus delicatulus* όπως παρατηρήθηκε στο φωτονικό μικροσκόπιο. (176-177) Νήματα του είδους *Trichocoleus delicatulus* παραλλήλως διατεταγμένα εντός κοινού δυσδιάκριτου κολεού.

Παράρτημα 2

Το σύνολο των ταξινομικών μονάδων που αναγνωρίστηκαν από το σύνολο των πηγών. Ο αριθμός ένα (1) αντιπροσωπεύει παρουσία του είδους στην αντίστοιχη θέση, ενώ ο αριθμός μηδέν (0) την απουσία του. (Δεν συμπεριλαμβάνονται είδη τα οποία αναγνωρίστηκαν μόνο ως πρώτοι επικοιστές)

	AD		CAS			EOT		G	IL	RS	RK			
	A1	A2	C1	C2	CW	EI	EII	G	I		R1	R2	Rb2	R3
<i>Anabaena cf. iyengarii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aphanocapsa sp.A</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanocapsa thermalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Aphanothece bullosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanothece cf. microscopica</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanothece cf. minutissima</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brasilonema cf. angustatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Chondrocystis dermochroa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococciopsis thermalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chroococcus cf. mediocris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Chroococcus cf. turgidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chroococcus lithophilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chroococcus minutus</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
<i>Chroococcus minutus var. thermalis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus occidentalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chroococcus sp.A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chroococcus subnudus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Chroococcus thermalis</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chroococcus turgidus</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyanobacterium minervae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyanobacterium sp.A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cyanochniella calida</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cyanosarcina burmensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyanosarcina cf. spectabilis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyanothece halobia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Geitlerinema cf. numidicum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Geitlerinema lemmermannii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Geitlerinema amphibium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Gloeocapsa gelatinosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Jaaginema thermale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Johannesbaptistia pellucida</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Kamptonema animale</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kamptonema chlorinum</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kamptonema cortianum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kamptonema formosum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
<i>Kamptonema sp.A</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Komvophoron anabaenoides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya angustissima</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Leptolyngbya cartilaginea</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya cf. angusta</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya cf. copelandii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya cf. ferruginea</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya cf. orientalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya ercegovicii</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya foveolara</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya gracillima</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya granulifera</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Leptolyngbya laminosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Leptolyngbya lurida</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya perforans</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya pseudotenuis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya ramosa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya sp.B</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya sp.C</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

	AD		CAS			EOT		G	IL	RK				
	A1	A2	C1	C2	CW	EI	EII	G	I	RS	R1	R2	Rb2	R3
<i>Leptolyngbya subuliformis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Leptolyngbya thermalis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Limnothrix redekei</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nostoc cf. calcicola</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nostoc punctiforme</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nostoc sp.A</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Nostoc sp.B</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Nostoc sp.C</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nostocales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Oscillatoria cf. ornata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Oscillatoria cf. simplicissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oscillatoria crassa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
<i>Oscillatoria curviceps</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria nigroviridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria sp.B</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oscillatoria sp.C</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oscillatoria sp.D</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oscillatoria subbrevis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oxynema acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
<i>Phormidium acidophilum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Phormidium cf. abronema</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Phormidium cf. molischii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phormidium chlorinum</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Phormidium inundatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phormidium janthiphorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Phormidium kuetzingianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phormidium molischii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Phormidium molle</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Phormidium okenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Phormidium sp.B</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Phormidium thermobium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena catenata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pseudanabaena cf. rosea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pseudanabaena galeata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pseudanabaena minima</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Schizothrix cf. calcicola</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schizothrix cf. lardacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Schizothrix sp.A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Spirulina cf. labyrinthiformis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Spirulina subsalsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Spirulina subtilissima</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Spirulina tenuior</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Symploca cartilaginea</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Symploca muralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Symploca thermalis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synechococcus elongatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Synechococcus nidulans</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synechocystis minuscula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Synechocystis salina</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

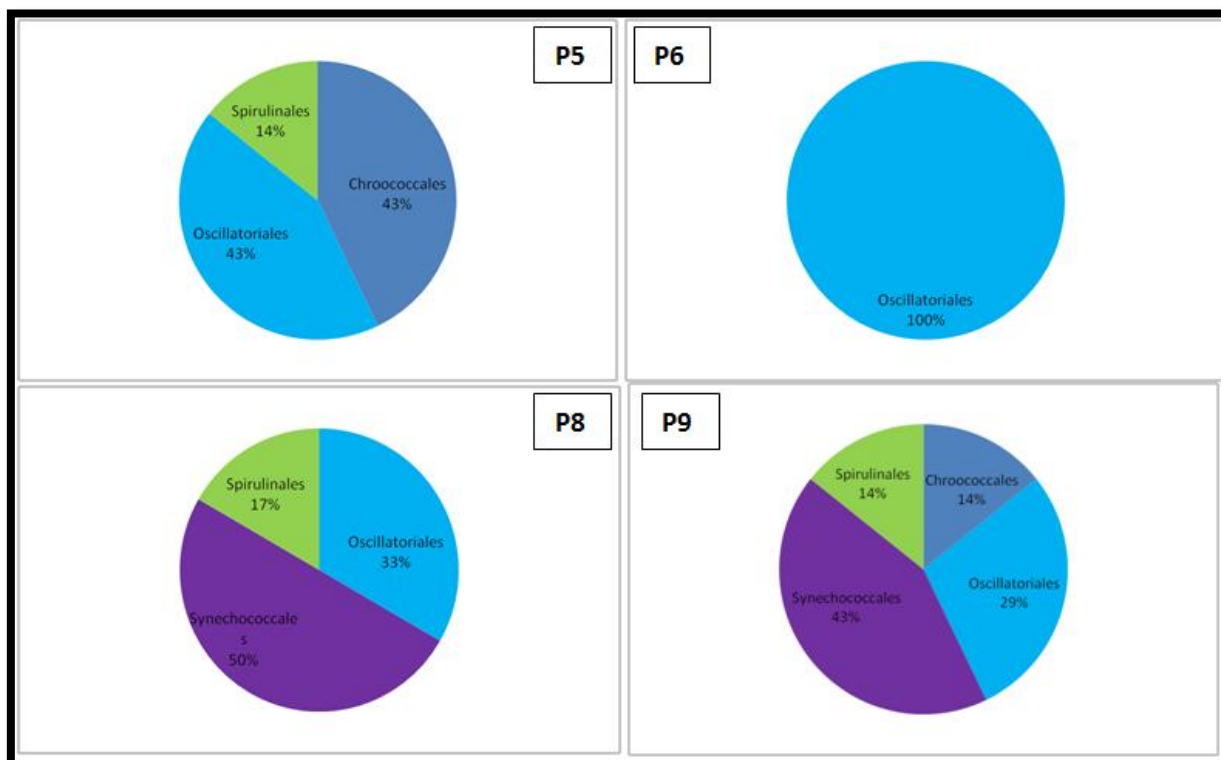
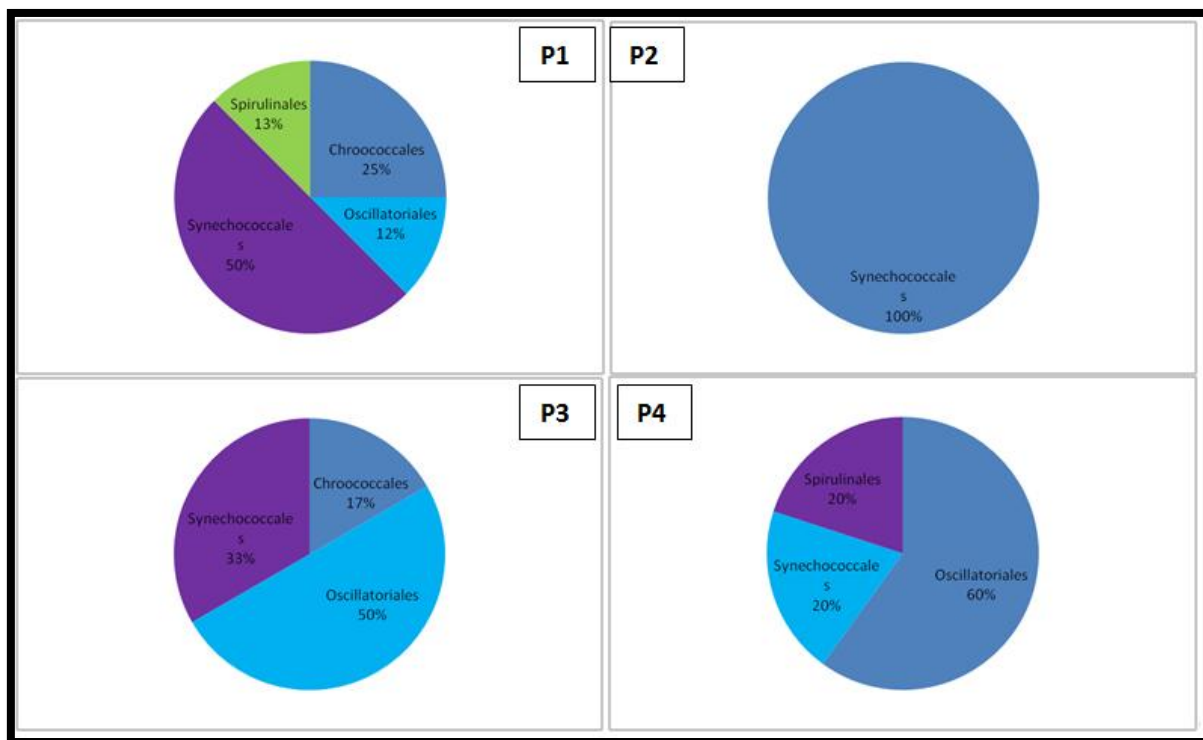
Παράρτημα 3

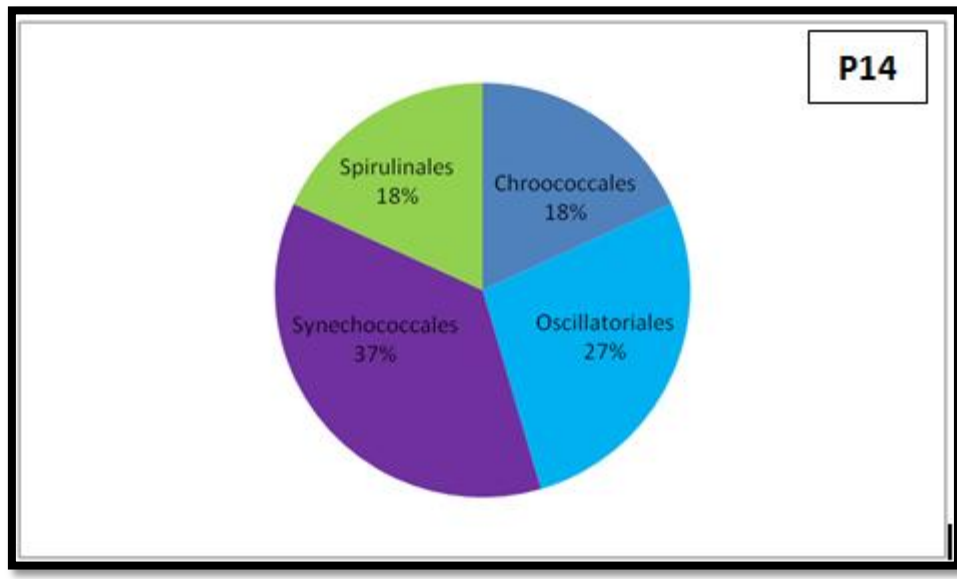
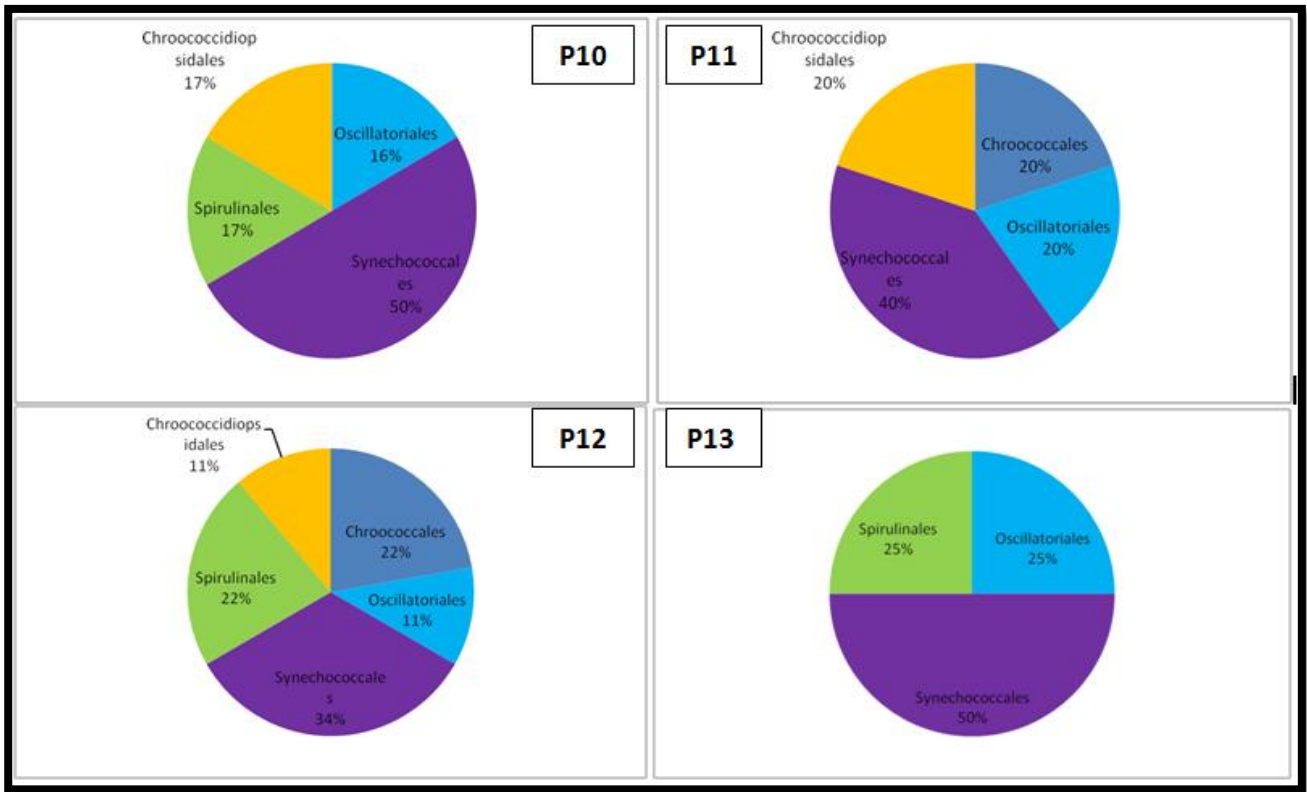
Το σύνολο των ταξινομικών μονάδων των πρωτοπόρων οργανισμών που αναγνωρίστηκαν από το σύνολο των τεχνητών διατάξεων που τοποθετήθηκαν. Ο αριθμός ένα (1) αντιπροσωπεύει παρουσία του είδους στην αντίστοιχη θέση, ενώ ο αριθμός μηδέν (0) την απουσία του.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
<i>Aphanocapsa fuscolutea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanothece cf. microscopica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococciopsis thermalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Chroococcus lithophilus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus minutus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus subsphaericus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Chroococcus thermalis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus turgidus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyanobacterium minervae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cyanosarcina cf. thalassia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cyanosarcina cf. thermalis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Geitlerinema amphibium</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geitlerinema amphibiumf. circinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Kamptonema formosum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kamptonema laetevirens</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kamptonema sp.A</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Komvophoron halobium</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya cf. ferruginea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Leptolyngbya cf. thermobia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya laminosa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya lurida</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Leptolyngbya orientalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya sp.A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Leptolyngbya sp.B</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Leptolyngbya tenuis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptolyngbya thermalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Oscillatoria cf. ornata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria nigroviridis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxynema acuminatum</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Phormidium acidophilum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Phormidium cf. chlorinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Phormidium cf. cortianum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phormidium corium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Phormidium sp.A</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phormidium tergestinum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena minima</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schizothrix lardacea</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Spirulina subsalsa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Spirulina subtilissima</i>	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
<i>Spirulina tenerrima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Symploca thermalis</i>	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Synechococcus bigranulatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Synechococcus elongatus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
<i>Synechocystis salina</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synechocystis thermalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichocoleus delicatulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Παράρτημα 4

Διάγραμματα (pie-chart) ποσοστών εμφάνισης των τάξεων κυανοβακτηρίων στις δειγματοληψίες των πρώτων εποικιστών από όλες τις δειγματοληπτικές θέσεις (P1-P15). Στις θέσεις P7 και P15 δεν παρατηρήθηκαν κυανοβακτήρια.





Παράρτημα 5

Πίνακες ανομοιότητας ανά ζεύγος πηγών και εμφάνιση των ειδών με τη μεγαλύτερη συμβολή στην ανομοιότητα αυτή.

Groups A & C
Average dissimilarity = 89,47

Species	Group A		Group C		Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Aphanothece bullosa	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	5,88	
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	11,76	
Cyanocochniella calida	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	17,65	
Cyanosarcina burmensis	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	23,53	
Kamptonema animale	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	29,41	
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	35,29	
Leptolyngbya angustissima	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	41,18	
Leptolyngbya cf. copelandii	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	47,06	
Leptolyngbya ercegovicii	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	52,94	
Leptolyngbya gracillima	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	58,82	
Leptolyngbya pseudotenueis	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	64,71	
Oscillatoria cf. ornata	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	70,59	
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	76,47	
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	82,35	
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	88,24	
Schizothrix cf. calcicola	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	94,12	

Groups A & EI
Average dissimilarity = 91,30

Species	Group A		Group EI		Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss				
Aphanothece bullosa	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	4,76	
Aphanothece cf. microscopica	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	9,52	
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	14,29	
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	19,05	
Kamptonema animale	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	23,81	
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	28,57	
Kamptonema sp.A	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	33,33	
Leptolyngbya angustissima	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	38,10	
Leptolyngbya cartilaginea	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	42,86	
Leptolyngbya cf. ferruginea	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	47,62	
Leptolyngbya granulifera	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	52,38	
Leptolyngbya sp.B	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	57,14	
Leptolyngbya subuliformis	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	61,90	
Nostoc cf. calcicola	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	66,67	
Nostoc punctiforme	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	71,43	
Oscillatoria cf. ornata	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	76,19	
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	80,95	
Oxynema acuminatum	0,00	1,00	4,35	Undefined!	4,76	85,71	
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	4,35	Undefined!	4,76	90,48	

Groups C & EI
Average dissimilarity = 90,00

Species	Group C	Group EI	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanothece cf. microscopica	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	5,56
Cyanocochiella calida	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	11,11
Cyanosarcina burmensis	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	16,67
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	22,22
Kamptonema sp.A	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	27,78
Leptolyngbya cartilaginea	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	33,33
Leptolyngbya cf. copelandii	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	38,89
Leptolyngbya cf. ferruginea	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	44,44
Leptolyngbya ercegovicii	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	50,00
Leptolyngbya gracillima	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	55,56
Leptolyngbya granulifera	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	61,11
Leptolyngbya pseudotenuis	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	66,67
Leptolyngbya sp.B	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	72,22
Leptolyngbya subuliformis	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	77,78
Nostoc cf. calcicola	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	83,33
Nostoc punctiforme	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	88,89
Oxynema acuminatum	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	94,44

Groups A & EII
Average dissimilarity = 60,00

Species	Group A	Group EII	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanothece bullosa	1,00	0,00	4,00	Undefined!	6,67	6,67
Aphanothece cf. microscopica	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	13,33
Cyanosarcina cf. spectabilis	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	20,00
Kamptonema animale	1,00	0,00	4,00	Undefined!	6,67	26,67
Leptolyngbya angustissima	1,00	0,00	4,00	Undefined!	6,67	33,33
Leptolyngbya foveolaria	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	40,00
Leptolyngbya lurida	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	46,67
Leptolyngbya ramosa	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	53,33
Nostoc sp.A	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	60,00
Oscillatoria cf. ornata	1,00	0,00	4,00	Undefined!	6,67	66,67
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	4,00	Undefined!	6,67	73,33
Oxynema acuminatum	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	80,00
Phormidium cf. abronema	0,00	1,00	4,00	Undefined!	6,67	86,67
Schizothrix cf. calcicola	1,00	0,00	4,00	Undefined!	6,67	93,33

Groups C & EII
Average dissimilarity = 81,82

Species	Group C		Group EII		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanothece cf. microscopica	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	5,56		
Chroococcus turgidus	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	11,11		
Cyanocochniella calida	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,56	16,67		
Cyanosarcina burmensis	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,56	22,22		
Cyanosarcina cf. spectabilis	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	27,78		
Kamptonema chlorinum	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	33,33		
Leptolyngbya cf. copelandii	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,56	38,89		
Leptolyngbya ercegovicii	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,56	44,44		
Leptolyngbya foveolara	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	50,00		
Leptolyngbya gracillima	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,56	55,56		
Leptolyngbya lurida	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	61,11		
Leptolyngbya pseudotenuis	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,56	66,67		
Leptolyngbya ramosa	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	72,22		
Nostoc sp.A	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	77,78		
Oxynema acuminatum	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	83,33		
Phormidium cf. abronema	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	88,89		
Phormidium chlorinum	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,56	94,44		

Groups EI & EII
Average dissimilarity = 76,92

Species	Group EI		Group EII		Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund	Av.Abund				
Chroococcus turgidus	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	5,00		
Cyanosarcina cf. spectabilis	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	10,00		
Geitlerinema cf. numidicum	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	15,00		
Kamptonema chlorinum	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	20,00		
Kamptonema sp.A	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	25,00		
Leptolyngbya cartilaginea	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	30,00		
Leptolyngbya cf. ferruginea	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	35,00		
Leptolyngbya foveolara	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	40,00		
Leptolyngbya granulifera	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	45,00		
Leptolyngbya lurida	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	50,00		
Leptolyngbya ramosa	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	55,00		
Leptolyngbya sp.B	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	60,00		
Leptolyngbya subuliformis	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	65,00		
Nostoc cf. calcicola	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	70,00		
Nostoc punctiforme	1,00	0,00	3,85	Undefined!	5,00	75,00		
Nostoc sp.A	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	80,00		
Phormidium cf. abronema	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	85,00		
Phormidium chlorinum	0,00	1,00	3,85	Undefined!	5,00	90,00		

Groups A & G
Average dissimilarity = 78,95

Species	Group A	Group G	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanothece bullosa	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	6,67
Chroococcus minutus	0,00	1,00	5,26	Undefined!	6,67	13,33
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	20,00
Kamptonema animale	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	26,67
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	33,33
Leptolyngbya angustissima	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	40,00
Oscillatoria cf. ornata	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	46,67
Oscillatoria nigroviridis	0,00	1,00	5,26	Undefined!	6,67	53,33
Phormidium cf. molischii	0,00	1,00	5,26	Undefined!	6,67	60,00
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	66,67
Phormidium janthiphorum	0,00	1,00	5,26	Undefined!	6,67	73,33
Phormidium thermobium	0,00	1,00	5,26	Undefined!	6,67	80,00
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	86,67
Schizothrix cf. calcicola	1,00	0,00	5,26	Undefined!	6,67	93,33

Groups C & G
Average dissimilarity = 87,50

Species	Group C	Group G	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chroococcus minutus	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	7,14
Cyanocochniella calida	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	14,29
Cyanosarcina burmensis	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	21,43
Leptolyngbya cf. copelandii	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	28,57
Leptolyngbya ercegovicii	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	35,71
Leptolyngbya gracillima	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	42,86
Leptolyngbya pseudotenuis	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	50,00
Oscillatoria nigroviridis	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	57,14
Oscillatoria sp.A	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	64,29
Phormidium cf. molischii	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	71,43
Phormidium janthiphorum	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	78,57
Phormidium thermobium	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	85,71
Spirulina subsalsa	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	92,86

Groups EI & G
Average dissimilarity = 90,00

Species	Group EI	Group G	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanothece cf. microscopica	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	5,56
Chroococcus minutus	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	11,11
Geitlerinema cf. numidicum	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	16,67
Kamptonema sp.A	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	22,22
Leptolyngbya cartilaginea	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	27,78
Leptolyngbya cf. ferruginea	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	33,33
Leptolyngbya granulifera	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	38,89
Leptolyngbya sp.B	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	44,44
Leptolyngbya subuliformis	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	50,00
Nostoc cf. calcicola	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	55,56
Nostoc punctiforme	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	61,11
Oscillatoria nigroviridis	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	66,67
Oscillatoria sp.A	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	72,22
Oxynema acuminatum	1,00	0,00	5,00	Undefined!	5,56	77,78
Phormidium cf. molischii	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	83,33
Phormidium janthiphorum	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	88,89
Phormidium thermobium	0,00	1,00	5,00	Undefined!	5,56	94,44

Groups EII & G
Average dissimilarity = 90,91

Species	Group EII	Group G	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanothece cf. microscopica	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	5,00
Chroococcus minutus	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,00	10,00
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	15,00
Cyanosarcina cf. spectabilis	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	20,00
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	25,00
Leptolyngbya foveolara	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	30,00
Leptolyngbya lurida	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	35,00
Leptolyngbya ramosa	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	40,00
Nostoc sp.A	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	45,00
Oscillatoria nigroviridis	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,00	50,00
Oscillatoria sp.A	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,00	55,00
Oxynema acuminatum	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	60,00
Phormidium cf. abronema	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	65,00
Phormidium cf. molischii	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,00	70,00
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	75,00
Phormidium janthiphorum	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,00	80,00
Phormidium thermobium	0,00	1,00	4,55	Undefined!	5,00	85,00
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	4,55	Undefined!	5,00	90,00

Groups C & R
Average dissimilarity = 100,00

Species	Group C	Group R	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanocapsa thermalis	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	6,67
Cyanocochniella calida	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	13,33
Cyanosarcina burmensis	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	20,00
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	26,67
Kamptonema formosum	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	33,33
Leptolyngbya cf. copelandii	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	40,00
Leptolyngbya ercegovicii	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	46,67
Leptolyngbya gracillima	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	53,33
Leptolyngbya pseudotenuis	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	60,00
Leptolyngbya tenuis	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	66,67
Oscillatoria crassa	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	73,33
Oscillatoria sp.C	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	80,00
Phormidium okenii	0,00	1,00	6,67	Undefined!	6,67	86,67
Spirulina subtilissima	1,00	0,00	6,67	Undefined!	6,67	93,33

Groups A & I
Average dissimilarity = 86,67

Species	Group A	Group I	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund				
Aphanothece bullosa	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	7,69
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	15,38
Kamptonema animale	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	23,08
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	30,77
Leptolyngbya angustissima	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	38,46
Leptolyngbya pseudotenuis	0,00	1,00	6,67	Undefined!	7,69	46,15
Leptolyngbya thermalis	0,00	1,00	6,67	Undefined!	7,69	53,85
Oscillatoria cf. ornata	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	61,54
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	69,23
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	76,92
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	84,62
Schizothrix cf. calcicola	1,00	0,00	6,67	Undefined!	7,69	92,31

Groups C & I
Average dissimilarity = 66,67

Species	Group C	Group I	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund				
Cyanocochniella calida	1,00	0,00	8,33	Undefined!	12,50	12,50
Cyanosarcina burmensis	1,00	0,00	8,33	Undefined!	12,50	25,00
Leptolyngbya cf. copelandii	1,00	0,00	8,33	Undefined!	12,50	37,50
Leptolyngbya ercegovicii	1,00	0,00	8,33	Undefined!	12,50	50,00
Leptolyngbya gracillima	1,00	0,00	8,33	Undefined!	12,50	62,50
Leptolyngbya thermalis	0,00	1,00	8,33	Undefined!	12,50	75,00
Synechococcus elongatus	1,00	0,00	8,33	Undefined!	12,50	87,50
Synechocystis minuscula	0,00	1,00	8,33	Undefined!	12,50	100,00

Groups EI & I
Average dissimilarity = 87,50

Species	Group EI	Group I	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund				
Aphanothece cf. microscopica	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	7,14
Geitlerinema cf. numidicum	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	14,29
Kamptonema sp.A	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	21,43
Leptolyngbya cartilaginea	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	28,57
Leptolyngbya cf. ferruginea	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	35,71
Leptolyngbya granulifera	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	42,86
Leptolyngbya pseudotenuis	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	50,00
Leptolyngbya sp.B	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	57,14
Leptolyngbya subuliformis	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	64,29
Leptolyngbya thermalis	0,00	1,00	6,25	Undefined!	7,14	71,43
Nostoc cf. calcicola	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	78,57
Nostoc punctiforme	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	85,71
Oxynema acuminatum	1,00	0,00	6,25	Undefined!	7,14	92,86

Groups EII & I
Average dissimilarity = 88,89

Species	Group EII	Group I	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av. Abund	Av. Abund				
Aphanothece cf. microscopica	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	6,25
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	12,50
Cyanosarcina cf. spectabilis	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	18,75
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	25,00
Leptolyngbya foveolara	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	31,25
Leptolyngbya lurida	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	37,50
Leptolyngbya pseudotenuis	0,00	1,00	5,56	Undefined!	6,25	43,75
Leptolyngbya ramosa	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	50,00
Leptolyngbya thermalis	0,00	1,00	5,56	Undefined!	6,25	56,25
Nostoc sp.A	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	62,50
Oxynema acuminatum	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	68,75
Phormidium cf. abronema	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	75,00
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	81,25
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	87,50
Synechococcus elongatus	1,00	0,00	5,56	Undefined!	6,25	93,75

Groups G & I

Average dissimilarity = 83,33

Species	Group G	Group I	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Chroococcus minutus	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	10,00
Leptolyngbya pseudotenuis	0,00	1,00	8,33	Undefined!	10,00	20,00
Leptolyngbya thermalis	0,00	1,00	8,33	Undefined!	10,00	30,00
Oscillatoria nigroviridis	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	40,00
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	50,00
Phormidium cf. molischii	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	60,00
Phormidium janthiphorum	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	70,00
Phormidium thermobium	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	80,00
Spirulina subsalsa	1,00	0,00	8,33	Undefined!	10,00	90,00

Groups A & R

Average dissimilarity = 100,00

Species	Group A	Group R	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanocapsa thermalis	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	5,56
Aphanothece bullosa	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	11,11
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	16,67
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	22,22
Kamptonema animale	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	27,78
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	33,33
Kamptonema formosum	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	38,89
Leptolyngbya angustissima	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	44,44
Leptolyngbya tenuis	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	50,00
Oscillatoria cf. ornata	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	55,56
Oscillatoria crassa	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	61,11
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	66,67
Oscillatoria sp.C	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	72,22
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	77,78
Phormidium okenii	0,00	1,00	5,56	Undefined!	5,56	83,33
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	88,89
Schizothrix cf. calcicola	1,00	0,00	5,56	Undefined!	5,56	94,44

Groups EI & R

Average dissimilarity = 89,47

Species	Group EI	Group R	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanocapsa thermalis	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	5,88
Aphanothece cf. microscopica	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	11,76
Kamptonema formosum	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	17,65
Kamptonema sp.A	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	23,53
Leptolyngbya cartilaginea	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	29,41
Leptolyngbya cf. ferruginea	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	35,29
Leptolyngbya granulifera	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	41,18
Leptolyngbya sp.B	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	47,06
Leptolyngbya subuliformis	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	52,94
Leptolyngbya tenuis	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	58,82
Nostoc cf. calcicola	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	64,71
Nostoc punctiforme	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	70,59
Oscillatoria crassa	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	76,47
Oscillatoria sp.C	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	82,35
Oxynema acuminatum	1,00	0,00	5,26	Undefined!	5,88	88,24
Phormidium okenii	0,00	1,00	5,26	Undefined!	5,88	94,12

Groups EII & R
Average dissimilarity = 100,00

Species	Group EII	Group R	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
	Av.Abund	Av.Abund				
Aphanocapsa thermalis	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	4,76
Aphanothece cf. microscopica	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	9,52
Chroococcus turgidus	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	14,29
Cyanosarcina cf. spectabilis	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	19,05
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	23,81
Kamptonema chlorinum	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	28,57
Kamptonema formosum	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	33,33
Leptolyngbya foveolara	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	38,10
Leptolyngbya lurida	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	42,86
Leptolyngbya ramosa	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	47,62
Leptolyngbya tenuis	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	52,38
Nostoc sp.A	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	57,14
Oscillatoria crassa	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	61,90
Oscillatoria sp.C	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	66,67
Oxynema acuminatum	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	71,43
Phormidium cf. abronema	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	76,19
Phormidium chlorinum	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	80,95
Phormidium okenii	0,00	1,00	4,76	Undefined!	4,76	85,71
Pseudanabaena minima	1,00	0,00	4,76	Undefined!	4,76	90,48

Groups G & R
Average dissimilarity = 100,00

Species	Group G		Group R		Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Aphanocapsa thermalis	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	6,67
Chroococcus minutus	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	13,33
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	20,00
Kamptonema formosum	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	26,67
Leptolyngbya tenuis	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	33,33
Oscillatoria nigroviridis	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	40,00
Oscillatoria crassa	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	46,67
Oscillatoria sp.A	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	53,33
Oscillatoria sp.C	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	60,00
Phormidium cf. molischii	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	66,67
Phormidium janthiphorum	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	73,33
Phormidium okenii	0,00	1,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	80,00
Phormidium thermobium	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	86,67
Spirulina subsalsa	1,00	0,00	6,67	6,67	Undefined!	6,67	93,33

Groups I & R
Average dissimilarity = 100,00

Species	Group I		Group R		Diss/SD	Contrib%	Cum. %
	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Av.Diss			
Aphanocapsa thermalis	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	9,09
Geitlerinema cf. numidicum	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	18,18
Kamptonema formosum	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	27,27
Leptolyngbya pseudotenuis	1,00	0,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	36,36
Leptolyngbya tenuis	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	45,45
Leptolyngbya thermalis	1,00	0,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	54,55
Oscillatoria crassa	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	63,64
Oscillatoria sp.C	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	72,73
Phormidium okenii	0,00	1,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	81,82
Spirulina subtilissima	1,00	0,00	9,09	9,09	Undefined!	9,09	90,91