

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ

ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Επιβιωσιμότητα καλλιεργήσιμων πλαγκτικών μικροοργανισμών του
ταμιευτήρα Κάρλας στον Παγασητικό Κόλπο.»

ΚΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2016

«Επιβιωσιμότητα καλλιεργήσιμων πλαγκτικών μικροοργανισμών του
ταμιευτήρα Κάρλας στον Παγασητικό Κόλπο.»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) Κωνσταντίνος Κορμάς, Καθηγητής, Οικολογία Υδροβίων Μικροοργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.

2) Ιωάννης Μποζιάρης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

3) Χρήστος Χατζηχριστοδούλου, Καθηγητής, Υγιεινή και Επιδημιολογία, Τμήμα Ιατρικής, Σχολή Επιστημών Υγείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.

Προαιρετική αφέρωση

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Κορμά Κωνσταντίνο για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση και κατανόηση καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος την φίλη και συμφοιτήτρια μου Αναστασία Τσότσκου και τους υπόλοιπους συμφοιτητές μου .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λίμνη Κάρλα αποξηράθηκε το 1962 και ξεκίνησε να ανακατασκευάζεται το 2000. Η νεοουσταμένη λίμνη πλέον καταλαμβάνει τη χαμηλότερη έκταση της πρώην καταλαμβάνοντας έκταση 38km². Η κύρια πηγή της λίμνης Κάρλας είναι οι πλημμυρικές απορροές από τον Πηνειό. Η λίμνη παρουσιάζει έναν προοδευτικό ευτροφισμό κατά τον οποίο υπάρχουν συχνές ακμές κυανοβακτηρίων. Κατά την αποξήρανση της λίμνης Κάρλας, μεγάλες ποσότητες νερού εμπλουτισμένου με θρεπτικά διοχετεύτηκαν στον Παγασητικό Κόλπο.

Τα βακτήρια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στα θαλάσσια οικοσυστήματα όσο και στα γλυκά αφού είναι υπεύθυνα για την ανακύκλωση του διαλυμένου οργανικού άνθρακα. Η βακτηριακή αύξηση στο υδάτινο περιβάλλον επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, ενώ ένας από αυτούς είναι η αλατότητα.

Με αφορμή τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να μελετήσει την ικανότητα επιβίωσης των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας στο θαλασσινό νερό του Παγασητικού κόλπου, καθώς επίσης και να προσδιορίσει την ικανότητα αύξησης τους με αλλαγή της αλατότητας.

Για την παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες νερού από σταθερά σημεία του Παγασητικού κόλπου και της λίμνης Κάρλας για την φθινοπωρινή και χειμερινή περίοδο. Επίσης, παρασκευάστηκε εμβόλιο από 40 ml του δείγματος της λίμνης Κάρλας, το οποίο διηθήθηκε με φίλτρο Glass Fiber Fine πόρου 0,7 μm με σκοπό να απομακρυνθούν τα πρωτόζωα και να διατηρηθούν τα βακτήρια. Το θρεπτικό μέσο που επιλέχθηκε ήταν το R2A.

Όσον αφορά την φθινοπωρινή περίοδο, η θερμοκρασία επώασης πραγματοποιήθηκε στους 15 °C. Συνολικά, τα βακτήρια, τόσο στο νερό της λίμνης Κάρλας όσο και στο νερό του Παγασητικού κόλπου, εμφάνισαν αποικίες για περίπου 9 μέρες. Στην χειμερινή περίοδο η θερμοκρασία επώασης ήταν οι 11 °C. Η βακτηριακή αύξηση παρουσίασε μικρότερο ρυθμό, ενώ παρουσιάστηκαν αποικίες για περίπου 6 μέρες.

Στην φθινοπωρινή περίοδο οι μέσες τιμές για την βακτηριακή αύξηση στο νερό της λίμνης Κάρλας ήταν περίπου 0.7×10^6 cfu/ ml ενώ η μέση τιμή για την βακτηριακή αύξηση στο νερό του Παγασητικού δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί αφού οι αποικίες στα τρυβλία ήταν αμέτρητες. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις στις επιστρώσεις των τρυβλίων του Παγασητικού κόλπου.

Στην χειμερινή περίοδο, παρατηρείται μία μεγάλη βακτηριακή αύξηση τόσο για τις επιστρώσεις του νερού της λίμνης Κάρλας όσο για τις επιστρώσεις του νερού του Παγασητικού Κόλπου μετά από περίπου 72 ώρες και ακολουθεί μία πτωτική τάση μέχρι περίπου τις 145 ώρες όπου μηδενίζουν οι τιμές. Οι μέγιστες τιμές που εμφανίστηκαν ήταν $1,252 \times 10^6$ cfu/ ml στις επιστρώσεις του νερού της λίμνης Κάρλας και $1,39 \times 10^7$ cfu/ ml στις επιστρώσεις του νερού του Παγασητικού κόλπου.

Συμπερασματικά, τα βακτήρια της λίμνης Κάρλας σε περίπτωση μεταφοράς τους στον Παγασητικό κόλπο ή σε παρόμοιες συνθήκες, έχουν την ικανότητα να επιβιώσουν και να αυξηθούν. Η αλατότητα δεν δείχνει να επηρεάζει σημαντικά την βακτηριακή αύξηση, παρ' όλα αυτά σύμφωνα με άλλες μελέτες δείχνει να επηρεάζει την σύσταση της βακτηριακής κοινότητας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1. Γενικές Πληροφορίες	8
1.1.1. Περιοχές μελέτης	8
1.1.1.1. Λίμνη Κάρλα	8
1.1.1.2. Παγασητικόκος κόλπος	9
1.2. Οικολογία υδρόβιων βακτηριών	10
1.3. Συμπεριφορά των βακτηρίων γλυκών υδάτων σε θαλάσσια ύδατα.	11
1.4. Σκοπός της προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας	12
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	12
2.1. Δειγματοληψία	12
2.1.1. Γενικές πληροφορίες	12
2.1.2. Επεξεργασία δειγμάτων	13
2.1.3. Πειραματική διαδικασία	13
2.2. Θρεπτικό μέσο R2A	15
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ–ΣΥΖΗΤΗΣΗ	16
3.1 Βακτηριακή αύξηση στην φθινοπωρινή περίοδο.	20
3.2 Βακτηριακή αύξηση στην χειμερινή περίοδο.	24
3.3 Σύγκριση φθινοπωρινού και χειμερινού πειράματος	28
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	32
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	34

6. ABSTRACT

40

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικές Πληροφορίες

1.1.1 Περιοχές μελέτης

1.1.1.1 Λίμνη Κάρλα

Η λίμνη Κάρλα βρίσκονταν στο χαμηλότερο μέρος της πεδιάδας της Θεσσαλίας και αποτελούσε έναν από τους σημαντικότερους υδροβιότοπους στην Ελλάδα μέχρι την δεκαετία του 1960 (Gerakis, 1992). Είχε έκταση 180 km² ενώ το χειμώνα του 1930-1931 η έκταση της μειώθηκε σε 145 km². Η ανακατασκευή της λίμνης Κάρλας ξεκίνησε το 2000 και η κύρια πηγή τροφοδοσίας της είναι οι πλημμυρικές απορροές από τον Πηνειό. Η λίμνη πλέον καταλαμβάνει τη χαμηλότερη έκταση της πρώην λίμνης και προβλέπεται να έχει έκταση 38km².

Η λίμνη Κάρλα τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει έναν προοδευτικό ευτροφισμό κατά τον οποίο υπάρχουν συχνές ανθίσεις κυανοβακτηρίων κατά κύριο λόγο των ειδών *Anabaenopsis elenkinii*, *Sphaerospermopsis* sp. και *Planktothrix agardhii* (Papadimitriou *et al.*, 2013).

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακό και η μέση θερμοκρασία της περιοχής είναι 16-17 °C ενώ η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας ήταν 7 °C και 31,5 °C αντίστοιχα (Sidiropoulos *et al.* 2012).

1.1.1.2 Παγασητικός κόλπος

Ο Παγασητικός Κόλπος εντοπίζεται στο δυτικό Αιγαίο βόρεια του νησιού Εύβοια. Είναι ένας ημίκλειστος κόλπος και δέχεται απορροές κυρίως από μικρά ποτάμια, ρέματα και την λίμνη Κάρλα. Συνήθως στους ημίκλειστους κόλπους υπάρχουν ξεχωριστές περιοχές με διαφορετική υδροδυναμική και βιολογικά χαρακτηριστικά όπως ρηγά και πλούσια σε θρεπτικά νερά και βαθύτερα με λιγότερα θρεπτικά νερά (Le Pape *et al.*, 1996).

Το μικροκλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από το τυπικό Μεσογειακό κλίμα με ξηρά καλοκαίρια και ήπιους βροχερούς χειμώνες, ενώ παρουσιάζει μεγάλα ετήσια θερμομετρικά εύρη (Petihakis *et al.* 2005). Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται τους μήνες Φεβρουάριο- Μάρτιο (12,5 ° C) ενώ η μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (27,4 ° C) (Theodorou & Petihakis, 2000).

Σχετικά με την αλατότητα οι μετρήσεις των Gabrielides & Theocharis (1978) έδειξαν τιμές της τάξης 36-38 ‰ στα επιφανειακά νερά και τιμές πιο σταθερές για τα βαθιά νερά της τάξης 38-38,5 ‰. Σε νεότερη μελέτη σύμφωνα με τους Theodorou & Petihakis (2000), η αλατότητα παρουσιάζει μεγαλύτερες διακυμάνσεις (32-38 ‰) το οποίο το αποδίδεται στην εισροή υδάτων με χαμηλότερη επιφανειακή αλατότητα.

Γενικά η δυναμική του συστήματος του Παγασητικού Κόλπου έχει επηρεαστεί ιδιαίτερα από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και την εισροή θρεπτικών ουσιών από τα βόρεια και δυτικά μέρη, καθώς επίσης και από την ανταλλαγή νερού μεταξύ του Κόλπου και του Αιγαίου Πελάγους μέσω του καναλιού του Τρίκερι (Triantafyllou *et al.*, 2001). Σημαντικό ρόλο επίσης έπαιξε και η αποξήρανση της πρώην λίμνης Κάρλα το

1962, η οποία πραγματοποιήθηκε μέσω ενός αγωγού ο οποίος κατεύθυνε το νερό της μέσα στον Παγασητικό κόλπο (Petihakis *et al.* 2005).

1.2 Οικολογία υδρόβιων βακτηριών

Οι βιοχημικοί μετασχηματισμοί της διαλυμένης οργανικής ύλης είναι ζωτικής σημασίας για την δομή και την δυναμική της ανακύκλισης θρεπτικών και ροών ενέργειας στα υδατικά οικοσυστήματα. Τα βακτήρια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στα θαλάσσια οικοσυστήματα όσο και στα γλυκά αφού είναι υπεύθυνα για την ανακύκλωση του διαλυμένου οργανικού άνθρακα (Azam *et al.* 1983, Jones 1992). Τα βακτήρια χρησιμοποιούν το διαλυμένο οργανικό άνθρακα για την ανάπτυξη τους και μέσω της βακτηριακής αναπνοής επιστρέφουν διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Jansson *et al.* 2007). Επομένως, η επεξεργασία του διαλυμένου οργανικού άνθρακα από τα βακτήρια είναι σημαντική για την λειτουργία των υδάτινων τροφικών πλεγμάτων αφού διευκολύνει την ανταλλαγή του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ των υδάτινων οικοσυστημάτων και της ατμόσφαιρας (del Giorgio *et al.* 1997, Cole *et al.* 2007).

Η βακτηριακή αύξηση στο υδάτινο περιβάλλον επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες σύμφωνα με τους Percival *et al.* (2013). Κάποιοι από τους παράγοντες αυτούς είναι:

- Η ύπαρξη πρωτίστων
- Η ύπαρξη τοξινών
- Τα βαρέα μέταλλα
- Η υπερϊώδης ακτινοβολία

- Τα διαλυμένα θρεπτικά
- Το ποσοστό της διαλυμένης οργανικής ύλης
- Η αλατότητα

Επίσης, κάποιοι επιπλέον παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το ρυθμό της μικροβιακής αύξησης είναι η θερμοκρασία, το pH και η ενεργότητα νερού (a_w) και μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να έχουν συνεργατική επίδραση (Presser *et al.* 1998, McMeekin *et al.* 2000, Koutsoumanis *et al.* 2004).

1.3 Συμπεριφορά των βακτηρίων γλυκών υδάτων σε θαλάσσια ύδατα.

Το σύνολο σχεδόν των γνώσεων μας σε σχέση με τις επιπτώσεις της αλατότητας στα υδάτινα οικοσυστήματα προκύπτει από μελέτες της αλατότητας σε εκβολές ποταμών ή συγκριτικές μελέτες μεταξύ γλυκών και θαλάσσιων υδάτων. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν λίγες μελέτες που ερευνούν τις άμεσες επιπτώσεις της αύξησης της αλατότητας σε οικοσυστήματα γλυκών υδάτων. Η αύξηση της αλατότητας σε οικοσυστήματα γλυκών υδάτων μπορεί να επιδράσει με διάφορους τρόπους όπως αλλαγές στην ιοντική σύνθεση που μπορεί να επηρεάσει την διαθεσιμότητα των θρεπτικών και αλλαγές στην μικροβιακή αναπνοή (Carone & Kiene, 1988, House 1999).

Από έρευνες έχει βρεθεί ότι σε περιπτώσεις αύξησης της αλατότητας σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, οι μικροοργανισμοί είτε αντικαθιστούνται από άλλα είδη είτε παρουσιάζουν μία σταδιακή προσαρμογή (Wu *et al.* 2006). Γνωρίζουμε ότι κατά κύριο λόγο τα γ , β και δ - Proteobacteria κυριαρχούν στα γλυκά και υφάλμυρα νερά, ενώ τα α -πρωτεοβακτήρια και τα κυανοβακτήρια κυριαρχούν στα θαλάσσια ύδατα (Bouvier & del Giorgio 2002, Henriques *et al.* 2004, Bernhard *et al.* 2005, Garneau *et al.* 2006), ωστόσο

αυτές οι τάσεις δεν είναι απόλυτες (Langenheder *et al.* 2003, Selje & Simon 2003, Stepanauskas *et al.* 2003, Piccini *et al.* 2006). Επομένως, σύμφωνα με τους Wu *et al.* (2006) και βάση της θεωρίας ότι τα πάντα βρίσκονται παντού, αλλά το περιβάλλον επιλέγει (Baas-Becking, 1934, Martiny *et al.* 2006), περιμένουμε ότι κατά την μεταφορά βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό του Παγασητικού Κόλπου θα έχουμε μία αλλαγή στην σύσταση της βακτηριακής κοινότητας. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους (Zhang *et al.* 2014) οι οποίοι παρουσιάζουν όμως ότι παρ' όλη την αλλαγή στην σύσταση της βακτηριακής κοινότητας σε αλλαγή της αλατότητας (0.3‰ σε 90‰), η βακτηριακή αύξηση παρέμεινε σταθερή.

1.4 Σκοπός της προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να ελέγξει και να ερευνήσει την ικανότητα επιβίωσης των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας στο θαλασσινό νερό του Παγασητικού κόλπου, καθώς επίσης και να προσδιορίσει την ικανότητα αύξησης τους παρά την αλλαγή της αλατότητας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Δειγματοληψία

2.1.1 Γενικές πληροφορίες

Για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες συλλογής δείγματος νερού από σταθερά σημεία της λίμνης Κάρλας και του Παγασητικού Κόλπου (μπροστά από τον μετρητή της στάθμης της λίμνης και στην παραλία του Άναυρου) για δύο χρονικές περιόδους (Φθινόπωρο και Χειμώνα). Η πρώτη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στις 10 Οκτωβρίου 2012, ενώ η δεύτερη στις

2 Φεβρουαρίου 2013. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε δοχεία πολυαιθυλενίου όγκου 2000ml και ακολούθησε η μεταφορά τους στο εργαστήριο για επεξεργασία σε χρονικό διάστημα περίπου 2 ωρών.

2.1.2 Επεξεργασία δειγμάτων

Από το δείγμα της λίμνης Κάρλας κρατήθηκαν 40 ml νερού τα οποία διηθήθηκαν με φίλτρο Glass Fiber Fine πόρου 0,7 μm με σκοπό να απομακρυνθούν τα πρωτόζωα και να διατηρηθούν τα βακτήρια ώστε να χρησιμοποιηθεί ως εμβόλιο.

Στην συνέχεια το δείγμα του νερού της Λίμνης Κάρλας και του Παγασητικού κόλπου χωρίστηκε σε φιάλες (K1, K2 και K3 για το νερό της λίμνης Κάρλας και S1, S2 και S3 για το νερό του Παγασητικού Κόλπου) και αποστειρώθηκε σε αυτόκαυστο στους 121°C για 15 λεπτά ώστε να χρησιμοποιηθεί για την επώαση των βακτηρίων. Μετά την αποστείρωση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ο εμβολιασμός τους. Η ποσότητα εμβολίου που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε φιάλη η οποία περιείχε 400 ml αποστειρωμένου δείγματος ήταν 40 ml εμβολίου.

2.1.3 Πειραματική διαδικασία

Για το πείραμα πραγματοποιήθηκε μία επανάληψη την φθινοπωρινή περίοδο και μία επανάληψη για την χειμερινή περίοδο.

Όσον αφορά την φθινοπωρινή περίοδο πραγματοποιήθηκαν 11 επιστρώσεις τρυβλίων συνολικά, αλλά χρησιμοποιήθηκαν οι 9 γιατί η δέκατη και η εντέκατη επίστρωση παρουσίασαν μηδενικά αποτελέσματα (< 10 cfu / ml), επομένως η ένατη επίστρωση χαρακτηρίστηκε ως το τέλος της πρώτης επανάληψης. Οι συνθήκες που έλαβε

χώρα η επώασή των τρυβλίων καθώς και διατήρηση των φιαλών ήταν η ίδια. Πιο συγκεκριμένα η θερμοκρασία του επωαστικού θαλάμου ήταν 15 °C (η οποία αντιστοιχούσε με την θερμοκρασία της λίμνης Κάρλας την συγκεκριμένη χρονική περίοδο), ενώ σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το η επώαση έλαβε χώρα σε συνθήκες απουσίας φωτός. Το θρεπτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε για τις επιστρώσεις ήταν το R2A. Κατά τις επιστρώσεις, για την ομάδα μάρτυρα (blank: K1, K2 και K3) πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις της τάξης 10^2 , 10^3 και 10^4 , ενώ για τις επιστρώσεις της ομάδας του νερού Παγασητικού κόλπου (S1, S2 και S3) δεν πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις. Η καταμέτρηση των αποικιών των τρυβλίων πραγματοποιούνταν περίπου μετά από 24 ώρες.

Το πείραμα της χειμερινής περιόδου περιλάμβανε 8 επιστρώσεις τρυβλίων από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι 4 αφού οι τελευταίες 4 επιστρώσεις παρουσίασαν μηδενικά αποτελέσματα (< 10 cfu / ml). Η θερμοκρασία του επωαστικού θαλάμου αυτή την φορά ρυθμίστηκε στους 11 °C (η οποία ήταν αντίστοιχη με την θερμοκρασία της λίμνης Κάρλας για εκείνη την χρονική περίοδο) σε συνθήκες απουσίας φωτός. Το θρεπτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε για τις επιστρώσεις ήταν το R2A. Στην χειμερινή περίοδο πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις της τάξης 10^2 , 10^3 και 10^4 στις επιστρώσεις της ομάδας (blank: K1, K2 και K3), αλλά και στις επιστρώσεις της ομάδα φιαλών του νερού του Παγασητικού κόλπου (S1 S2 και S3). Ο λόγος για τον οποίο πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις στο χειμερινό πείραμα και στις επιστρώσεις των τρυβλίων της ομάδας του νερού του Παγασητικού κόλπου (S1 S2 και S3) είναι ότι, εξαιτίας της μεγάλης αύξησης στα τρυβλία στο φθινοπωρινό πείραμα πολλές φορές δεν ήταν δυνατή η καταμέτρηση τους. Η συχνότητα των καταμετρήσεων ήταν αρχικά η ίδια με το πείραμα της φθινοπωρινής περιόδου, επειδή όμως οι παρατηρήσεις της χειμερινής περιόδου δεν

έδωσαν αποτελέσματα εκτός μερικών τρυβλίων κατά την πρώτη και δεύτερη επίστρωση, η συχνότητα καταμέτρησης των αποικίων των τρυβλίων αποφασίστηκε να πραγματοποιείται ανά περίπου 72 ώρες.

2.2 Θρεπτικό μέσο R2A

Το R2A αναπτύχθηκε από τον Reasoner και Geldreich για την βακτηριολογική απαρίθμηση ετερότροφων οργανισμών στο πόσιμο επεξεργασμένο νερό. Ο συνδυασμός της χαμηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικά και χαμηλότερης θερμοκρασίας επώασης βοήθα την ανάπτυξη των στρεσαρισμένων και ανεκτικών στη χλωρίνη βακτηριών σε αντίθεση με τα υψηλά σε θρεπτικά μέσα που υποστηρίζουν την ανάπτυξη των ταχέως αναπτυσσόμενων βακτηριών σε βάρος των πρώτων (Reasoner & Geldreich, 1985). Επιπροσθέτως, το R2A έχει αναφερθεί ότι σε συνδυασμό με μέσα τα οποία είναι πλούσια σε θρεπτικά μπορεί να βελτιώσει την ανόρθωση στρεσαρισμένων και ανεκτικών στην χλωρίνη βακτηριών (Means et al, 1981, Fiksdal et al, 1982, Kelly et al, 1983) . Η σύνθεση του είναι η ακόλουθη (Πίνακας 1) με το τελικό pH να είναι $7 \pm 0,2$ στους 25 βαθμούς °C.

Πίνακας 1: Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα συστατικά του θρεπτικού μέσου R2 agar.

Typical Formulation	Grams per litre
Εκχύλισμα μυκήτων	0.5
Υδρόλυμα καζεΐνης	0.5
Πεπτόνη πρωτεάσης	0.5
Γλυκόζη	0.5
Άμυλο	0.5
Διφωσφορικό κάλιο	0.3
Άνυδρο θειικό μαγνήσιο	0.024
Πυροσταφυλικό νάτριο	0.3
Άγαρ	15.0

Η παραπάνω δράση του R2A ως προς τα στρεσαρισμένα και ανεκτικά στο χλώριο κύτταρα οφείλεται στα συστατικά του. Πιο συγκεκριμένα τα συστατικά του R2A όπως το υδρόλυμα καζεΐνης, η πεπτόνη πρωτεάσης και το εκχύλισμα μυκητών, παρέχουν το απαραίτητο άζωτο, βιταμίνες, αμινοξέα και ανόργανα άλατα. Η δεξτρόζη χρησιμεύει ως πηγή ενέργειας ενώ το διαλυτό άμυλο ενισχύει την ανάκαμψη των τραυματισμένων οργανισμών απορροφώντας το τοξικά μεταβολικά υποπροϊόντα. Παράλληλα το πυροσταφυλικό νάτριο βοηθά τα στρεσαρισμένα κύτταρα στο να ανακάμψουν. Το θειικό μαγνήσιο λειτουργεί ως πηγή δισθενών κατιόντων και θείου. Τέλος το φωσφορικό κάλιο χρησιμοποιείται για να την εξισορρόπηση του pH του θρεπτικού μέσου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αρχικά όσον αφορά την πρώτη επανάληψη του πειράματος (φθινοπωρινή περίοδος) παρατηρήθηκε βακτηριακή αύξηση και στο δείγμα γλυκού νερού και στο δείγμα αλμυρού νερού μέχρι και μετά από εννέα ημέρες. Αντίθετα στην επανάληψη του πειράματος για την χειμερινή περίοδο, παρατηρήθηκε βακτηριακή αύξηση για το ίδιο χρονικό διάστημα, αλλά με μικρότερο ρυθμό ανάπτυξης.

Εξαιτίας της πολύ βραδείας αύξησης των αποικιών στο χειμερινό πείραμα, η καταμέτρηση τους ήταν δυνατή περίπου τρεις ημέρες μετά την επίστρωση. Για τον παραπάνω λόγο η καταμέτρηση στο χειμερινό πείραμα πραγματοποιούνταν ανά 72 ώρες περίπου, σε αντίθεση με το φθινοπωρινό πείραμα κατά το οποίο η καταμέτρηση των αποικιών πραγματοποιούνταν περίπου 24 ώρες μετά την επίστρωση.

Σε εύκρατες περιοχές (όπως αυτή της λίμνης Κάρλα και του Παγασητικού Κόλπου) με σημαντική εποχιακή διακύμανση της θερμοκρασίας και της φωτοπεριόδου, η βακτηριακή αύξηση καθώς και οι τιμές αυτής ποικίλλουν ομοίως Larsson & Hagstrom (1982), Scavia & Laird (1987).

Αν και η θερμοκρασία αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για τον έλεγχο της δραστηριότητας και της αύξησης όλων των μικροοργανισμών, υπάρχουν λίγες πληροφορίες σχετικά με το πως η θερμοκρασία του νερού μπορεί να επηρεάσει τις τροφικές διεργασίες του μικροβιακού πλέγματος (Tsai et al. 2015). Σε μια μελέτη που διεξήχθη από τον Σεπτέμβριο του 2013 έως τον Σεπτέμβριο του 2014, παρατηρήθηκε η σχέση μεταξύ της μικροβιακής αύξησης και μικρών μεταβολών της θερμοκρασίας σε δείγματα νερού από τα παράλια της Ταϊβάν. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως η αύξηση της θερμοκρασίας οδήγησε σε αύξηση της βακτηριακής αύξησης και του ρυθμού αυτής από 5 σε 200% (Tsai et al. 2015). Ιδιαίτερα σε θαλασσίνο νερό έχει βρεθεί

από τους Shia & Ducklow (1994) και Tibbles (1996) ότι ο εμπλουτισμός των δειγμάτων θαλασσινού νερού με ασταθή υποστρώματα είχε μικρότερη επίδραση στη βακτηριακή παραγωγή από την αύξηση της θερμοκρασίας. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης των βακτηρίων στις περιοχές του υποαρκτικού Ειρηνικού ενισχύθηκαν όχι μόνο από την προσθήκη της διαλυμένης οργανικής ύλης, αλλά και από την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η αύξηση ήταν πιο γρήγορη όταν η θερμοκρασία αυξήθηκε από όταν η διαλυμένη οργανική ύλη προστέθηκε (Kirchman et al. 1993).

Επίσης, οι Felip *et al.* (1996) μελέτησαν τον πιθανό περιορισμό της βακτηριακής αύξησης εξαιτίας της θερμοκρασίας και των θρεπτικών σε μια ευτροφική λίμνη για θερινή και χειμερινή περίοδο σε θερμοκρασίες >20o C και 4o C αντίστοιχα. Και στα δύο πειράματα που διεξήχθησαν, η χαμηλή θερμοκρασία λειτούργησε ως περιοριστικός παράγοντας της αύξησης ακόμα και μετά από εμπλουτισμό με C, N και P. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, ο εμπλουτισμός των καλλιεργειών με θρεπτικά σε συνδυασμό με την θερμοκρασία επιτέλεσαν τον ρόλο του περιοριστικού παράγοντα. Αντιθέτως, ο εμπλουτισμός με ένα μόνο από τα θρεπτικά προκάλεσε μόνο μια μικρή αύξηση επομένως είναι πιθανό στο φυσικό περιβάλλον η βακτηριακή αύξηση να εξαρτάται τόσο από τα θρεπτικά όσο και από τον οργανικό άνθρακα. Τέλος, η βακτηριακή αύξηση φαίνεται πως περιορίζεται από τη θερμοκρασία κατά τη χειμερινή περίοδο και από τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών κατά τη θερινή περίοδο (Felip et al. 1996).

Παρ' όλα αυτά ο μικρότερος ρυθμός αύξησης δεν μπορεί να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα της μείωσης της θερμοκρασίας, αφού σύμφωνα με τους Berggren et al, (2010) δεν βρέθηκε σχέση μεταξύ της διαφοροποίησης της θερμοκρασίας και της αύξησης των βακτηρίων. Παρόμοια αποτελέσματα έχουμε και από τους Scavia & Laird (1987), Hoch & Kirchman (1993), Ochs et al. (1995), οι οποίοι αναφέρουν ότι δεν

βρέθηκε κάποια άμεση συνάφεια μεταξύ των θερμοκρασιών πάνω των 10 C° και της βακτηριακής αύξησης. Επίσης, οι παραπάνω μελέτες σε συνδυασμό με τους (Wiebe et al. 1993) δείχνουν ότι η θερμοκρασία συνήθως αποτελεί περιοριστικό παράγοντα στην αύξηση των βακτηρίων όταν συνδυάζεται και με περαιτέρω περιοριστικούς παράγοντες όπως ελλείψεις διάφορων άλλων πόρων (ανόργανο άζωτο και φώσφορος, διαλυμένη οργανική ύλη). Γενικά, είναι αποδεκτό ότι η βακτηριακή ανάπτυξη εξαρτάται από πολλούς παράγοντες οι οποίοι αναφέρονται στην εισαγωγή, αλλά δεν είναι γνωστή η ακριβής σύνδεση τους.

Σε συνδυασμό με τις παραπάνω έρευνες οι (Carlsson & Caron, 2001) παρουσιάζουν ότι η θερμοκρασία δρα ως κύριος περιοριστικός παράγοντας του χειμερινούς μήνες κατά τους οποίους η θερμοκρασίες είναι μικρότερες των 12 C°, ενώ κατά τους θερινούς μήνες τα θρεπτικά όπως ανόργανο άζωτο, ανόργανος φώσφορος και η διαλυμένη οργανική ύλη επηρεάζουν περισσότερο την βακτηριακή αύξηση.

Οι δύο επαναλήψεις των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν δείχνουν να ακολουθούν το παραπάνω μοτίβο, αφού τα αποτελέσματα των δύο πειραμάτων δείχνουν ότι στους 15 βαθμούς C° η βακτηριακή αύξηση παρουσιάζει γρηγορότερη αύξηση από ότι στο χειμερινό πείραμα το οποίο πραγματοποιήθηκε στους 11 C°.

Αναφορικά με την βακτηριακή αύξηση στο θαλασσινό νερό, και τα δύο πειράματα έδειξαν να μην παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές. Στο φθινοπωρινό πείραμα η βακτηριακή αύξηση φαίνεται να παρουσιάζει μικρότερες τιμές της τάξης του 10^3 cfu/ ml σε σχέση με την βακτηριακή αύξηση στο νερό της λίμνης Κάρλας που ήταν της τάξης του 10^6 cfu/ ml. Παρ' όλα αυτά κατά την διάρκεια του φθινοπωρινού πειράματος δεν πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις στις επιστρώσεις των τρυβλίων. Εξαιτίας του παραπάνω παρατηρήθηκε πολύ συχνά ότι ήταν αδύνατο να καταμετρηθούν οι αποικίες λόγω της

αύξησης. Παράλληλα στο χειμερινό πείραμα, κατά το οποίο πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις και στις επιστρώσεις των τρυβλίων τα αποτελέσματα της βακτηριακής αύξησης στο νερό του Παγασητικού Κόλπου ήταν παρόμοια με αυτά της βακτηριακής αύξησης στο νερό της λίμνης Κάρλας. Πιο συγκεκριμένα, η βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό της Λίμνης Κάρλας ήταν της τάξης 10^6 cfu/ ml, ενώ η αντίστοιχη βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό του Παγασητικού Κόλπου ήταν της τάξης 10^7 cfu/ ml.

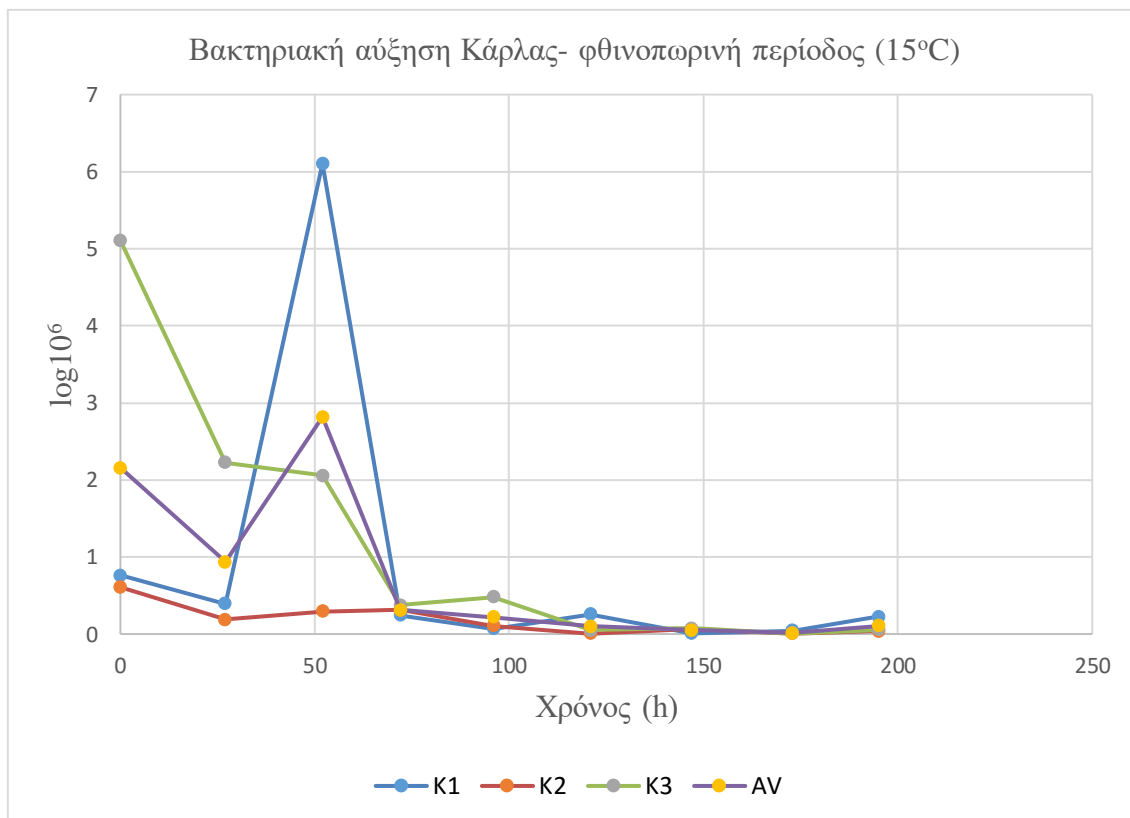
Συμπερασματικά, η αλατότητα δεν δείχνει να επηρεάζει την βακτηριακή αύξηση, αλλά την σύσταση της βακτηριακής κοινότητας η οποία δεν μελετήθηκε στο παρόν πείραμα. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους (Zhang *et al.* 2014), οι οποίοι παρατήρησαν ότι μέση τιμή της βακτηριακής αύξησης παρέμεινε σταθερή σε ένα διάστημα 60 ημερών κατά το οποίο η αλατότητα του νερού αυξήθηκε από 0.3‰ σε 90‰. Κατά την διάρκεια του πειράματος τους, ο μόνος παράγοντας που μεταβλήθηκε ήταν αυτός της αλατότητας, ενώ οι υπόλοιποι (π.χ. θερμοκρασία, pH, TN, and TP, διαλυμένο οξυγόνο και χλωροφύλλη α) παρέμειναν σταθερή σε όλο το χρονικό διάστημα των 60 ημερών. Συνολικά, η βακτηριακή αύξηση στο πείραμα τους κυμάνθηκε από $0,62 \times 10^6$ cfu/ ml έως 1.62×10^6 cfu/ ml. Επίσης, σύμφωνα με την ίδια έρευνα η σύνθεση της φιλογένειας και της κατανομής των βακτηρίων φαίνεται να αλλάζει μετά το χρονικό διάστημα των 30 ημερών από γένη όπως τα β-πρωτεοβακτήρια σε πιο θαλάσσια γένη βακτηρίων (*γ-Proteobacteria*, *Alcanivorax* ή *Roseovarius*). Το παραπάνω αποδίδεται πιθανώς στην ύπαρξη θαλάσσιων γενών βακτηρίων στις λίμνες σε μικρές συγκεντρώσεις ή σε αδρανή κατάσταση, τα οποία ενεργοποιούνται καθώς αυξάνει η αλατότητα.

3.1 Βακτηριακή αύξηση στην φθινοπωρινή περίοδο.

Στο διάγραμμα της εικόνας 1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η αύξηση των βακτηρίων από την λίμνη Κάρλα στο νερό της λίμνης Κάρλα για τις χρονικές περιόδους T0- T8. Στην T0 παρατηρούμε μία μέση αύξηση της τάξης των $2,159 \times 10^6$ cfu/ml. Συγκεκριμένα, για το δείγμα K1 παρατηρούμε μια αύξηση της τάξης των $0,761 \times 10^6$ cfu/ml. Για το δείγμα K2 παρατηρούμε μια αύξηση της τάξης των $0,608 \times 10^6$ cfu/ml και για το δείγμα K3 παρατηρούμε μία αύξηση της τάξης των $5,108 \times 10^6$ cfu/ml, οι οποίες είναι και η μέγιστες τιμές που εμφανίζονται καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος. Τα δείγματα K2 και K3 μετά την T0 παρουσιάζουν μία πτωτική τάση.

Η μεγαλύτερη τιμή αύξησης παρατηρείται στις 52 ώρες για το μέσο όρο των δειγμάτων (AV) και για το δείγμα K1. Πιο αναλυτικά, παρατηρούμε ότι η μέση τιμή αύξησης των δειγμάτων στις 52 ώρες εμφανίζει την τιμή $2,817 \times 10^6$ cfu/ml. Παράλληλα, για το δείγμα K1 στις 52 ώρες παρατηρείται η τιμή $6,105 \times 10^6$ cfu/ml. Για το δείγμα K2 παρατηρείται η τιμή $0,291 \times 10^6$ cfu/ml, ενώ το δείγμα K3 εμφανίζει την τιμή $2,054 \times 10^6$ cfu/ml.

Οι τελευταίες μετρήσεις των αποικιών που έλαβαν χώρα την 9η ημέρα του πρώτου πειράματος μετά από 195 ώρες εμφανίζουν τιμές για το μέσο όρο των τριών δειγμάτων της τάξης $0,106 \times 10^6$ cfu/ml. Παράλληλα, το δείγμα K1 την χρονική στιγμή T8 παρουσιάζει τιμή της τάξης $0,222 \times 10^6$ cfu/ml, το δείγμα K2 αντίστοιχα για την T8 εμφανίζει την τιμή $0,039 \times 10^6$ cfu/ml, ενώ τέλος το δείγμα K3 για την T8 παρουσιάζει την τιμή $0,056 \times 10^6$ cfu/ml. Τέλος, επιχειρήθηκαν 2 ακόμα σειρές επιστροφών (T9,T10), οι οποίες όμως δεν έδωσαν κανένα αποτέλεσμα οπότε η χρονική στιγμή T8 θεωρήθηκε το τέλος της πρώτης επανάληψης του πειράματος.



Εικόνα 1: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό της λίμνης Κάρλας στους 15 °C.

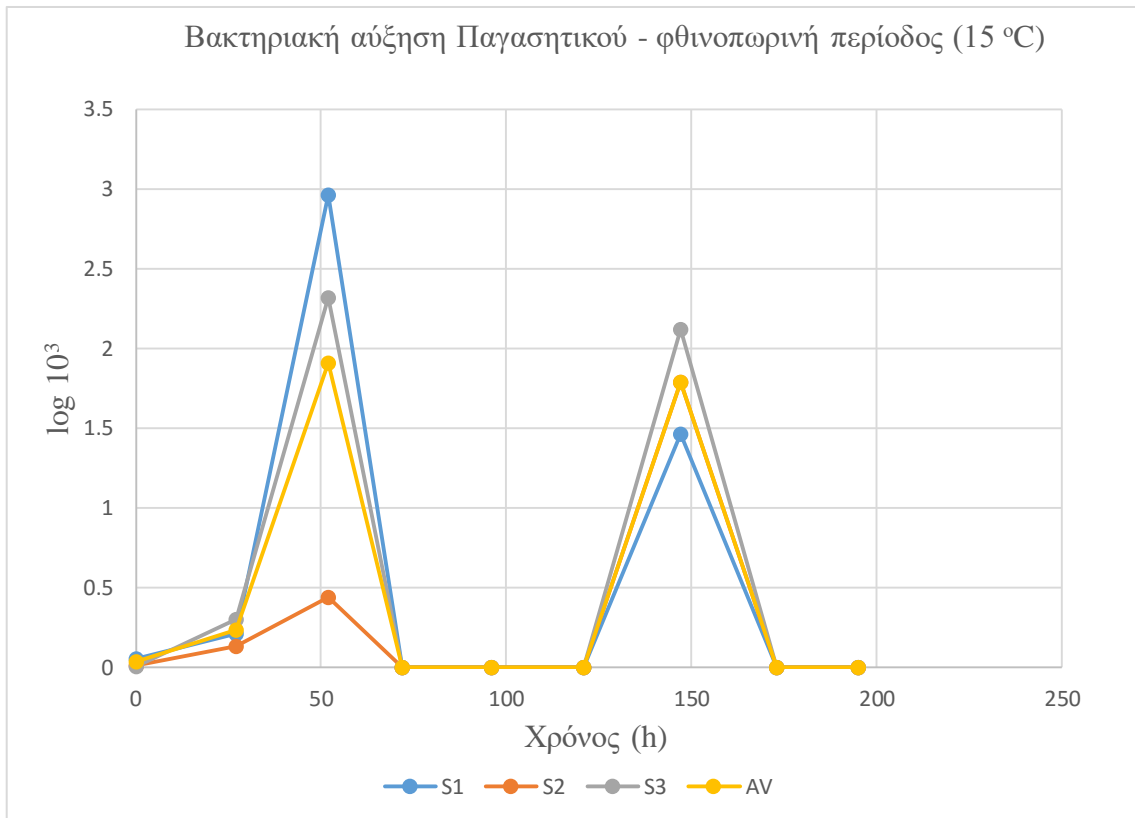
Στο παρακάτω διάγραμμα της εικόνας 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση βακτηρίων της λίμνης Κάρλα σε νερό του Παγασητικού Κόλπου για τις χρονικές στιγμές T0-T8 της φθινοπωρινής περιόδου. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι στα δείγματα του S1, S2 και S3 που περιείχαν νερό από τον Παγασητικό Κόλπο, δεν πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις για την επίστρωση των τρυβλίων. Για τον παραπάνω λόγο, σε πολλές επιστρώσεις η μέτρηση των αποικιών ήταν αδύνατη.

Αρχικά, παρατηρούμε ότι την χρονική στιγμή T0 παρουσιάζεται μία μέση βακτηριακή αύξηση της τάξης των $0,036 \times 10^3$ cfu/ml, ενώ το δείγμα S1 εμφανίζει τιμή $0,05 \times 10^3$ cfu/ml, το δείγμα S2 $0,01 \times 10^3$ cfu/ml και το δείγμα S3 τιμή $0,005 \times 10^3$ cfu/ml.

Στη συνέχεια, παρατηρείται ότι την χρονική στιγμή T1 (μετά από 27 ώρες), όλα τα δείγματα παρουσιάζουν μία αυξητική τάση. Συγκεκριμένα, η μέση αύξηση για τα τρία δείγματα την χρονική στιγμή T1 δίνει μετρήσεις του μεγέθους $0,236 \times 10^3$ cfu/ml. Η τιμή του δείγματος S1 για την χρονική στιγμή T1 είναι $0,21 \times 10^3$ cfu/ml. Το δείγμα S2 παρουσιάζει για την χρονική περίοδο T1 τιμή $0,13 \times 10^3$ cfu/ml, ενώ το δείγμα S3 παρουσιάζει τιμή της τάξης $0,3 \times 10^3$ cfu/ml.

Μετά από 52 ώρες (T2), παρατηρείται ότι η μέση αύξηση για τα τρία δείγματα εμφανίζει την τιμή $1,906 \times 10^3$ cfu/ml. Οι αντίστοιχες τιμές των δειγμάτων για την χρονική στιγμή T2 είναι για το S1 $2,96 \times 10^3$ cfu/ml, για το S2 $0,44 \times 10^3$ cfu/ml και για το S3 $2,32 \times 10^3$ cfu/ml.

Τέλος, η τελευταία χρονική στιγμή για την οποία υπάρχουν μετρήσεις είναι η T6, αφού για τις χρονικές στιγμές T3, T4, T5, T7 και T8 δεν ήταν δυνατό να καταμετρηθούν οι αποικίες. Πιο αναλυτικά, την χρονική στιγμή T6 παρατηρείται ότι η μέση βακτηριακή αύξηση για τα 3 δείγματα εμφανίζει την τιμή $1,79 \times 10^3$ cfu/ml. Παράλληλα, η τιμή για το δείγμα S1 είναι του μεγέθους $1,46 \times 10^3$ cfu/ml. Αντίστοιχα την χρονική στιγμή T6 το δείγμα S2 παρουσιάζει την τιμή $1,79 \times 10^3$ cfu/ml, ενώ το δείγμα S3 παρουσιάζει τιμή της τάξεως του $2,12 \times 10^3$ cfu/ml.



Εικόνα 2: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό του Παγασητικού κόλπου στους 15 °C.

3.2 Βακτηριακή αύξηση στην χειμερινή περίοδο.

Στο διάγραμμα της εικόνας 3 που ακολουθεί παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση βακτηρίων της λίμνης Κάρλα σε νερό της λίμνης Κάρλα για τις χρονικές στιγμές T0-T3 της χειμερινής περιόδου. Σε αντίθεση με το πείραμα του φθινοπώρου, στο χειμερινό πείραμα πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις στα δείγματα S1, S2 και S3 που περιείχαν νερό από τον Παγασητικό Κόλπο. Οι αραιώσεις πραγματοποιήθηκαν για το λόγο ότι στο φθινοπωρινό πείραμα υπήρξαν περιπτώσεις κατά τις οποίες ήταν αδύνατο να καταμετρηθεί ο αριθμός των αποικιών.

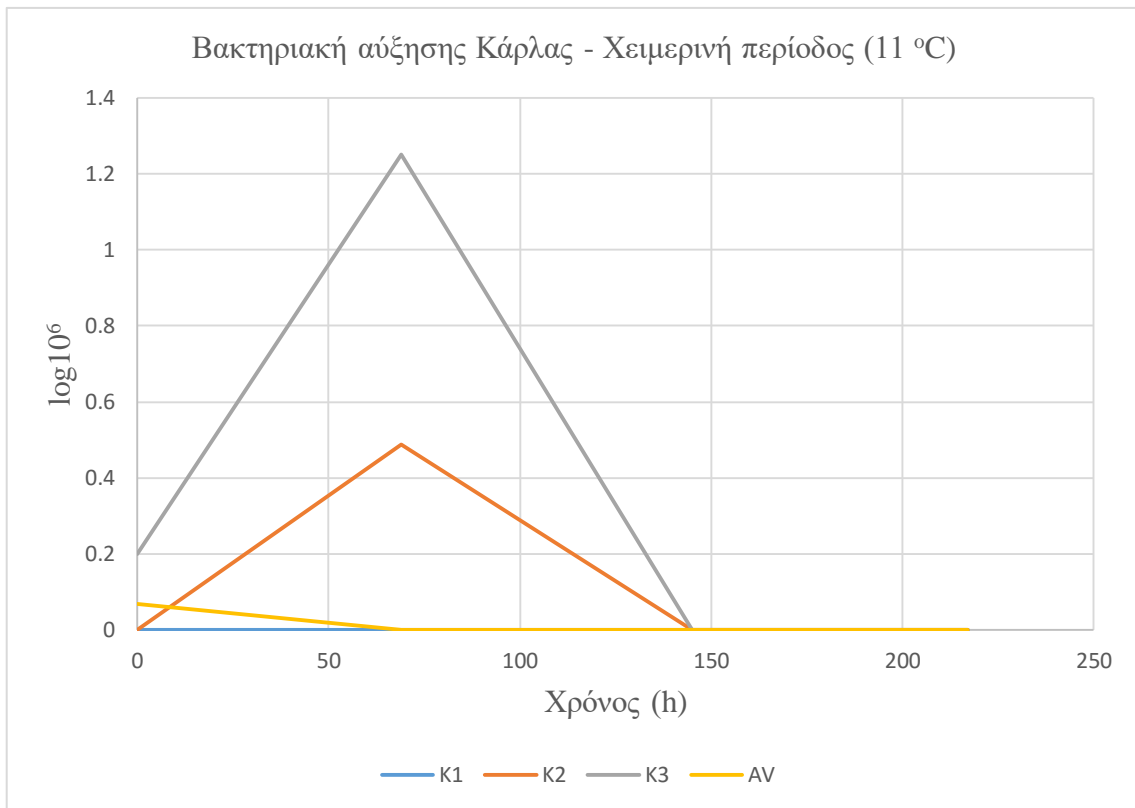
Στο σχήμα παρατηρείται ότι, την χρονική στιγμή T0 η μέση βακτηριακή αύξηση για τα τρία δείγματα εμφανίζει την τιμή $0,066 \cdot 10^6$ cfu/ml. Πιο συγκεκριμένα, για τα

δείγματα K1 και K2 παρατηρείται ότι παρουσιάζουν μηδενική αύξηση (< 10 cfu/ml) την χρονική στιγμή T0, ενώ το δείγμα K3 παρουσιάζει αύξηση της τάξης $0,2 \cdot 10^6$ cfu/ml.

Η μεγαλύτερη αύξηση για όλα τα δείγματα παρατηρείται μετά από 145 ώρες την χρονική στιγμή T1, κατά την οποία όλα τα δείγματα παρουσιάζουν την μεγαλύτερη βακτηριακή αύξηση. Πιο αναλυτικά, την χρονική στιγμή T1 η μέση αύξηση των τριών δειγμάτων δεν μπορεί να υπολογιστεί, καθώς δεν ήταν δυνατή η καταμέτρηση του δείγματος K1. Το δείγμα K2 παρουσιάζει αύξηση της τάξης $0,488 \cdot 10^6$ cfu/ml, ενώ το δείγμα K3 εμφανίζει τιμές του μεγέθους $1,252 \cdot 10^6$ cfu/ml.

Κατά τη χρονική στιγμή T2 παρατηρείται μία πτωτική τάση για το σύνολο των δειγμάτων. Η μέση βακτηριακή αύξηση για την χρονική στιγμή T2 είναι $0,0001 \cdot 10^6$ cfu/ml. Τα δείγματα K1 και K3 παρουσιάζουν μηδενική αύξηση (< 10 cfu/ml), ενώ το δείγμα K2 παρουσιάζει μόλις αύξηση της τάξης $0,0003 \cdot 10^6$ cfu/ml.

Την χρονική στιγμή T3 και συγκεκριμένα μετά από 217 ώρες έλαβαν χώρα οι τελευταίες μετρήσεις για το χειμερινό πείραμα, οι οποίες έδωσαν μηδενικά αποτελέσματα. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3 περεταίρω σειρές επιστροφών (T4,T5,T6) οι οποίες έδωσαν επίσης μηδενικά αποτελέσματα (< 10 cfu/ml). Επομένως, θεωρήθηκε η χρονική στιγμή T3 ως το τέλος του χειμερινού πειράματος.



Εικόνα 3: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό της λίμνης Κάρλας στους 11 °C.

Στο διάγραμμα της εικόνας 4 που ακολουθεί παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλα σε νερό από τον Παγασητικό Κόλπο για τις χρονικές στιγμές T0-T3 του χειμερινού πειράματος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στο χειμερινό πείραμα πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις για τα δείγματα S1, S2 και S3. Παρόμοια με τα δείγματα K1, K2 και K3 τα δείγματα S1, S2 και S3 παρουσιάζουν μία αυξητική τάση μέχρι την χρονική στιγμή T1 και έπειτα παρουσιάζουν πτωτική τάση μέχρι την T3 κατά την οποία παρουσιάζουν μηδενική αύξηση (< 10 cfu/ml).

Πιο συγκεκριμένα, την χρονική στιγμή T0 τα τρία δείγματα παρουσιάζουν μία μέση βακτηριακή αύξηση της τάξης $0,000233 \times 10^7$ cfu/ml. Το δείγμα S1 και S3

εμφανίζουν μηδενική τιμή αύξησης (< 10 cfu/ml), ενώ το δείγμα S2 παρουσιάζει αύξηση του μεγέθους $0,0007 \times 10^7$ cfu/ml.

Την χρονική στιγμή T1 η μέση βακτηριακή αύξηση δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί καθώς οι αποικίες που εμφανίστηκαν στα τρύβλια των δειγμάτων S1 και S2 δεν ήταν δυνατό να καταμετρηθούν εξαιτίας του μεγάλου αριθμού τους. Το δείγμα S3 κατά την χρονική στιγμή T1 παρουσίασε βακτηριακή αύξηση της τάξης $1,39 \times 10^7$ cfu/ml, η οποία αποτελεί και την μεγαλύτερη καταμετρημένη τιμή για το σύνολο του πειράματος.

Τέλος, κατά τις χρονικές στιγμές T2 και T3 το σύνολο των δειγμάτων παρουσίασε μηδενικές τιμές (< 10 cfu/ml) με εξαίρεση το δείγμα S1 την χρονική στιγμή T2 του οποίου οι αποικίες λόγω μεγάλης αύξησης δεν ήταν δυνατό να καταμετρηθεί.

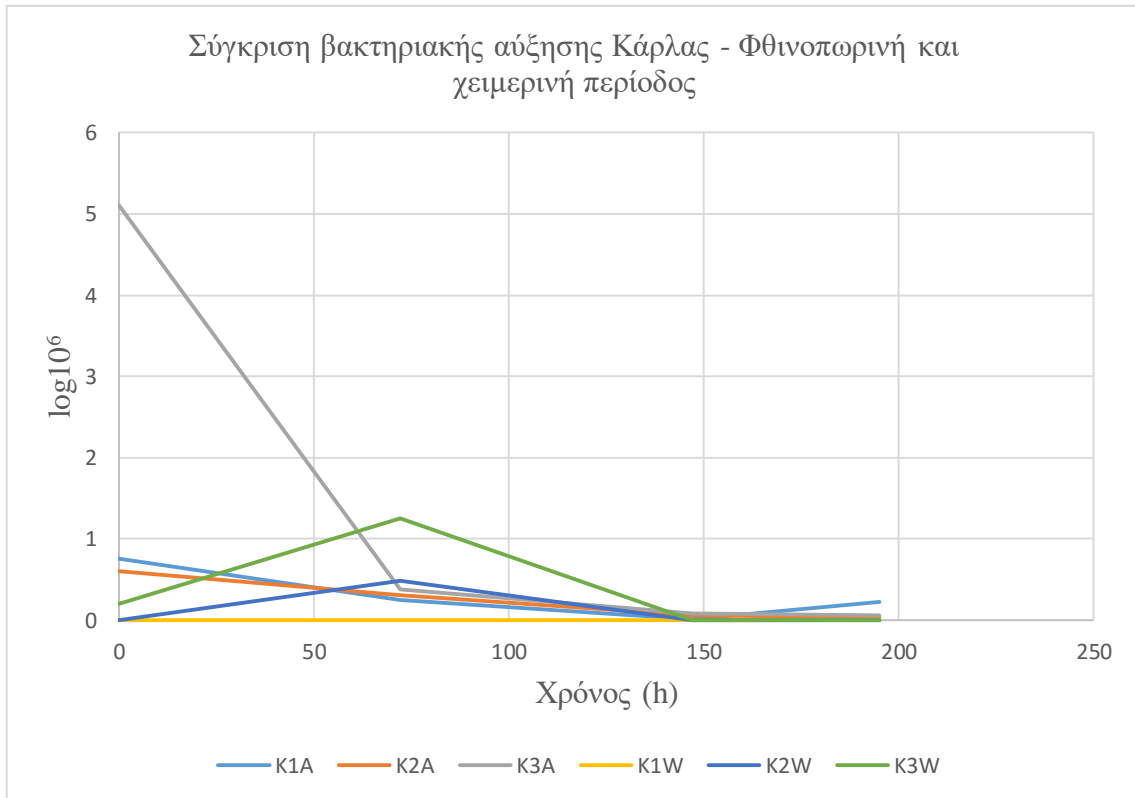


Εικόνα 4: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η βακτηριακή αύξηση των βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό του Παγασητικού κόλπου στους 11 °C.

3.3 Σύγκριση φθινοπωρινού και χειμερινού πειράματος

Κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, θεωρήθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μία παραστατική σύγκριση των δεδομένων των δύο πειραμάτων. Η σύγκριση αυτή φαίνεται στα δύο παρακάτω σχήματα.

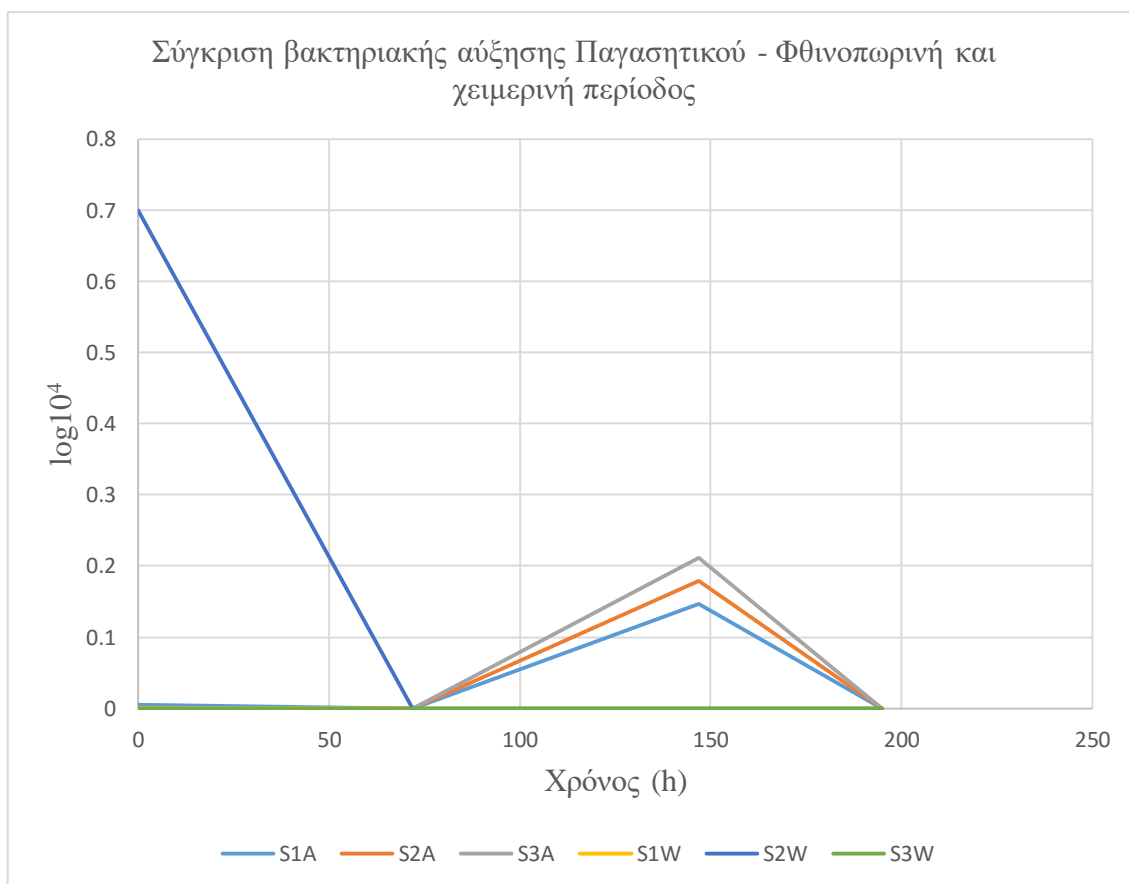
Στο διάγραμμα της εικόνας 5 που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύγκριση της αύξησης των αποικιών σε νερό της λίμνης Κάρλα που είχε εμβολιαστεί με βακτήρια από την λίμνη Κάρλα. Αρχικά, όσον αφορά τις πρώτες μετρήσεις για το κάθε πείραμα, είναι εμφανές ότι κατά την φθινοπωρινή περίοδο παρουσιάζεται μεγαλύτερη αύξηση (τιμές από 0, 608 έως $5,108 \times 10^6$ cfu/ ml) σε σχέση με τη χειμερινή περίοδο όπου μόνο μία φιάλη παρουσίασε αύξηση της τάξης $0,2 \times 10^6$ cfu/ ml. Στη συνέχεια, οι βακτηριακή αύξηση στις 72 ώρες κυμαίνεται μεταξύ 0,246 έως $0,375 \times 10^6$ στο φθινοπωρινό πείραμα, ενώ στο χειμερινό πείραμα καταγράφηκαν οι τιμές 0,488 και $1,252 \times 10^6$ cfu/ml με μία φιάλη να παρουσιάζει αμέτρητες τιμες. Τέλος, η αύξηση που αφορά το φθινοπωρινό πείραμα εμφανίζει πτωτική τάση από τις 147 ώρες και μετά, ενώ η αύξηση στο χειμερινό πείραμα είναι σχεδόν μηδενική με εξαίρεση μίας καταγραφής $0,0003 \times 10^6$ cfu/ ml στις 147 ώρες.



Εικόνα 5: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η σύγκριση της βακτηριακής αύξησης βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό της λίμνης Κάρλας των δύο επαναλήψεων της φθινοπωρινής και χειμερινής περιόδου. Τα S1W,S2W και S3W είναι η βακτηριακή αύξηση για τα δείγματα του Παγασητικού κόλπου για την χειμερινή περίοδο και K1W, K2W και K3W είναι η βακτηριακή αύξηση για τα δείγματα της λίμνης Κάρλας

Στο διάγραμμα της εικόνας 6 που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύγκριση της αύξησης των αποικιών σε νερό του Παγασητικού Κόλπου που είχε εμβολιαστεί με βακτήρια από την λίμνη Κάρλα. Αρχικά, την χρονική στιγμή T0, οι πρώτες μετρήσεις του κάθε πειράματος παρουσιάζουν εύρος τιμών από 0 έως $0,7 \times 10^4$ cfu/ ml. Στην συνέχεια όλες οι μετρήσεις και των δύο πειραμάτων για τις 72 ώρες δεν μπόρεσαν να δώσουν κάποια συγκεκριμένη τιμή (εκτός από το S1W το οποίο παρουσίασε τιμή $1,39 \times 10^7$ cfu/ ml), καθώς στα τρυβλία εμφανίστηκαν αμέτρητες αποικίες. Όσον αφορά τις 147 παρατηρήθηκαν τιμές μεταξύ $0,146$ έως $0,212 \times 10^4$ cfu/ml για το φθινοπωρινό πείραμα σε αντίθεση με την χειμερινή επανάληψη όπου οι δύο φιάλες έδωσαν μηδενικό

αποτέλεσμα (S2W και S3W) ενώ στα τρυβλία της φιάλης S1W εμφανίστηκαν αμέτρητες αποικίες. Τέλος, αξιοσημείωτη είναι η παρατήρηση ότι μετά από 195 ώρες περίπου, σε όλα τα τρυβλία του φθινοπωρινού πειράματος εμφανίστηκαν αμέτρητες αποικίες, σε αντίθεση με αυτά του χειμερινού όπου όλες οι τιμές ήταν μηδενικές.

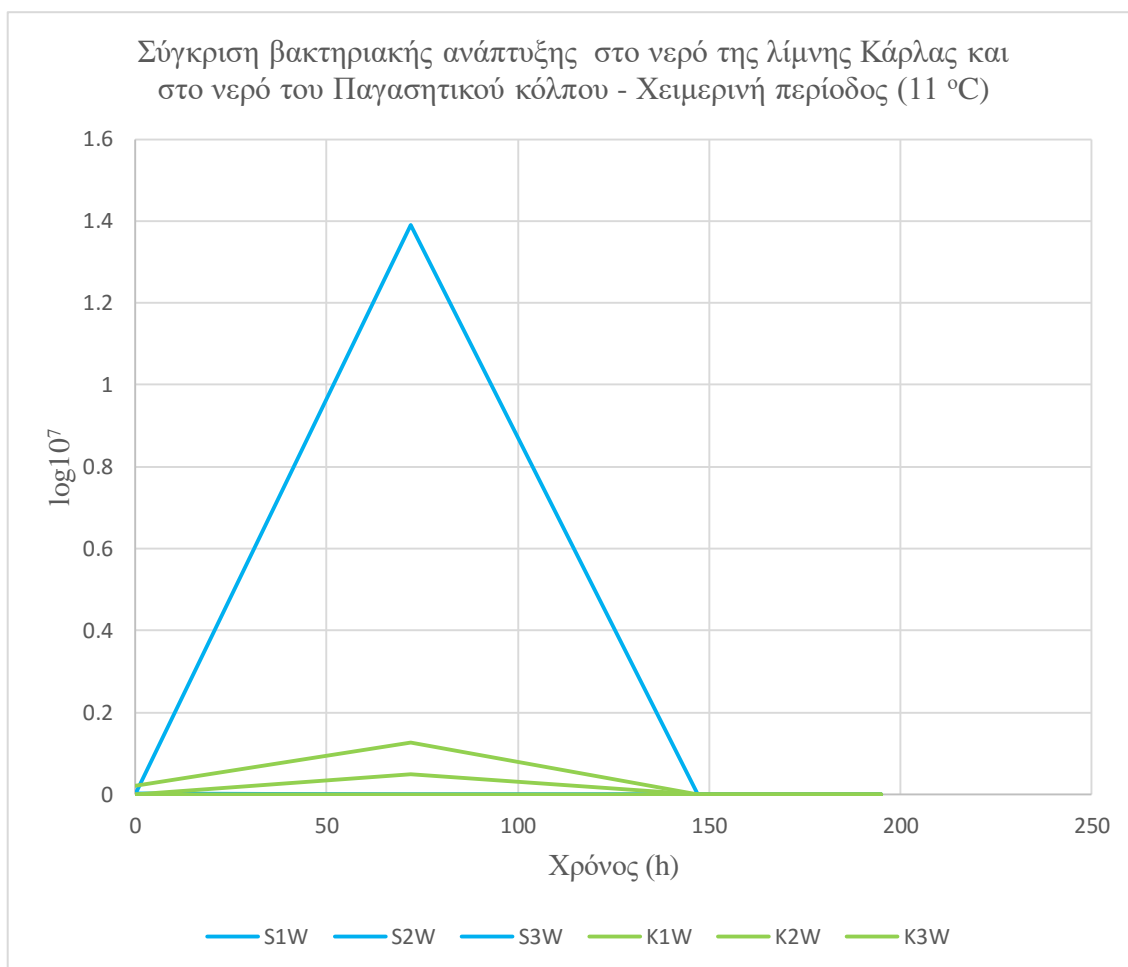


Εικόνα 6: Στο παραπάνω σχήμα παρουσιάζεται η σύγκριση της βακτηριακής αύξησης βακτηρίων της λίμνης Κάρλας σε νερό του Παγασητικού Κόλπου των δύο επαναλήψεων της φθινοπωρινής και χειμερινής περιόδου. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα έχει αφαιρεθεί η μέγιστη τιμή του S1W $1,39 \times 10^7$ cfu/ ml, επειδή δεν ήταν δυνατό να παρατηρηθούν οι υπόλοιπες τιμες.

Όσον αφορά την επίδραση της αλατότητας στη βακτηριακή αύξηση, τα αποτελέσματα για την λίμνη Κάρλα παρουσίασαν μέσες τιμές για το σύνολο των δειγμάτων από $0,016 \times 10^6$ cfu/ml μέχρι 2.817×10^6 cfu/ml. Παράλληλα, η βακτηριακή αύξηση στο νερό του Παγασητικού κόλπου παρουσίασε μέσες τιμές από $0,036 \times 10^3$ cfu/ml μέχρι $1,906 \times 10^3$ cfu/ml. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι οι προηγούμενες

τιμές αφορούν μόνο τις μετρήσιμες τιμές που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια της πρώτης επανάληψης στο νερό του Παγασητικού κόλπου. Όπως έχει ήδη αναφερθεί κατά την διάρκεια της φθινοπωρινής επανάληψης δεν πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις στις επιστρώσεις των τρυβλιών στο νερό του Παγασητικού, με αποτέλεσμα η πλειοψηφία των τιμών που εμφανίστηκαν να είναι αδύνατο να καταμετρηθούν. Εξαιτίας των παραπάνω, αυτά τα συγκεκριμένα αποτελέσματα θα πρέπει να ληφθούν υπό όψη με επιφύλαξη, καθώς οι τα αποτελέσματα που αφορούν τον Παγασητικό κόλπο, έδωσαν μη μετρήσιμο πλήθος αποικιών, επομένως δεν γνωρίζουμε την ακριβή αύξηση τους.

Στο διάγραμμα της εικόνας 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται η σύγκριση της βακτηριακής αύξησης της χειμερινής περιόδου στο νερό της λίμνης Κάρλας και στο νερό του Παγασητικού Κόλπου. Στο χρονικό διάστημα περίπου των 72 ωρών παρατηρείται η μεγαλύτερη βακτηριακή αύξηση για το S2W, S3W και K1W τα οποία στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή παρουσιάζουν αμέτρητες αποικίες. Παράλληλα, το S1W παρουσιάζει τιμή της τάξης $1,39 \times 10^7$ cfu/ml, ενώ τα K2W και K3W εμφανίζουν τιμές $0,0488 \times 10^7$ cfu/ml και $0,1252 \times 10^7$ cfu/ml αντίστοιχα. Επιπροσθέτως, από την χρονική στιγμή των 72 ωρών και μετά όλα τα δείγματα παρουσιάζουν πτωτική τάση μέχρι το χρονικό σημείο των 147 ωρών στο οποίο παρουσιάζουν σχεδόν όλα μηδενική αύξηση (< 10 cfu/ml) εκτός του δείγματος S1W το οποίο παρουσιάζει αμέτρητες αποικίες και το K2W το οποίο παρουσιάζει αύξηση της τάξης 0,00003 cfu/ml. Τέλος, η επόμενη καταμέτρηση, η οποία έλαβε χώρα μετά από 195 ώρες, όλα τα δείγματα παρουσιάζουν μηδενική αύξηση (< 10 cfu/ml).



Εικόνα 7 : Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται η σύγκριση της βακτηριακής ανάπτυξης μεταξύ γλυκού και θαλασσινού νερού όπου S1W, S2W και S3W είναι η βακτηριακή αύξηση για τα δείγματα του Παγασητικού κόλπου για την χειμερινή περίοδο και K1W, K2W και K3W είναι η βακτηριακή αύξηση για τα δείγματα της λίμνης Κάρλας

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας που παρουσιάστηκαν παραπάνω, μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα πως η επιβίωση βακτηρίων από την λίμνη Κάρλα στις συνθήκες του Παγασητικού Κόλπου είναι δυνατή. Παράλληλα, η αλατότητα δεν δείχνει να επηρεάζει την βακτηριακή αύξηση, αφού όπως παρουσιάστηκε στα αποτελέσματα η βακτηριακή αύξηση στο νερό της λίμνης Κάρλας είναι παρόμοια με την βακτηριακή αύξηση στο νερό

του Παγασητικού κόλπου. Επίσης, από άλλες μελέτες υποστηρίζεται ότι η αλλαγή της αλατότητας δεν επιδρά στην βακτηριακή, αλλά στη σύσταση της βακτηριακής κοινότητας. Όσον αφορά την φθινοπωρινή περίοδο, η επιβίωση των βακτηρίων αυτών φαίνεται πως έχει διάρκεια τουλάχιστον οχτώ ημερών ενώ αντίθετα, σε χειμερινές συνθήκες παρουσιάστηκε αύξηση των βακτηρίων για έξι ημέρες περίπου. Τα ευρήματα αυτά, συνάδουν με την διεθνή βιβλιογραφία στην οποία υποστηρίζεται πως η θερμοκρασία του νερού θα μπορούσε να λειτουργήσει ως ένας περιοριστικός παράγοντας για την βακτηριακή αύξηση για τιμές μικρότερες των 12° C. Επιπροσθέτως, σχετικά με την βακτηριακή αύξηση σε φθινοπωρινές συνθήκες, είναι πιθανό αυτή να οφείλεται σε έναν συνδυασμό παραγόντων όπως, λόγου χάρη, η διαθεσιμότητα ανόργανου άζωτου και φωσφόρου καθώς και η διαλυμένη οργανική ύλη. Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα βακτήρια της λίμνης Κάρλας, σε περίπτωση μεταφοράς τους στον Παγασητικό κόλπο ή σε παρόμοιες συνθήκες, έχουν την ικανότητα να επιβιώσουν. Η επίδραση τους στο οικοσύστημα του Παγασητικού Κόλπου είναι άγνωστη και αποτελεί θέμα περαιτέρω έρευνας.

Για τους λόγους αυτούς, θεωρείται απαραίτητη η μελλοντική μελέτη των μηχανισμών αλλά και των παραγόντων που επιτρέπουν ή ευνοούν την αύξηση βακτηρίων από την λίμνη Κάρλα στην υδάτινη στήλη του Παγασητικού Κόλπου. Η μελέτη αυτή θα μπορούσε να περιλαμβάνει την παρακολούθηση της επιβίωσης των βακτηρίων αυτών καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και την εξακρίβωση του ρόλου της θερμοκρασίας ως περιοριστικού παράγοντα στην άυξήσή τους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A., Thingstad F., (1983). The ecological role of water-column microbes in the sea, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10:257-263.
- Baas-Becking, L.G.M., 1934. *Geobiologie of inleiding tot de milieukunde*, 18/19, The Netherlands.
- Baldwin, D.S., Rees, G.N., Mitchell, A.M., Watson, G. et al., 2006. The short-term effects of salinization on anaerobic nutrient cycling and microbial community structure in sediment from a freshwater wetland. *Wetlands*, 26, 455–464.
- Berggren, M., L. Ström, H. Laudon, J. Karlsson, A. Jonsson, R. Giesler, A. K. Bergström, and M. Jansson (2010), Lake secondary production fueled by rapid transfer of low molecular weight organic carbon from terrestrial sources to aquatic consumers, *Ecol. Lett.*, 13, 870–880, doi:10.1111/j.1461-
- Bernhard AE, Donn T, Giblin AE, Stahl DA (2005) Loss of diversity of ammonia-oxidizing bacteria correlates with increasing salinity in an estuary system. *Environ Microbiol* 7:1289–1297
- Bouvier TC, del Giorgio PA (2002) Compositional changes in free-living bacterial communities along a salinity gradient in two temperate estuaries. *Limnol Oceanogr* 47:453–470
- Capone, D. G. and R. P. Kiene. 1988. Comparison of microbial dynamics in marine and freshwater sediments. Contrasts in anaerobic carbon metabolism. *Limnology and Oceanography* 33: 725–750.

- Carlsson, P., and D. A. Caron. 2001. Seasonal variation of phosphorus limitation of bacterial growth in a small lake. *Limnol. Oceanogr.* 46:108-120.
- Cole, J. J., et al., 2007: Plumbing the global carbon cycle: Integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. *Ecosystems*, 10, 171–184.
- del Giorgio, P. A., Cole J. J., and Cimbortis A.. 1997. Respiration rates in bacteria exceed phytoplankton production in unproductive aquatic systems. *Nature* 385: 148-151
- Edmonds, J.W., Weston, N.B., Joye, S.B., Mou, X. et al., 2009. Microbial community response to seawater amendment in low-salinity tidal sediments. *Microb. Ecol.*, 58, 558–568.
- Felip, M., M. L. Pace, and J. J. Cole. 1996. Regulation of planktonic bacterial growth rates: the effects of temperature and resources. *Microb. Ecol.* 31:15-28.
- Fiksdal, L., E. A. Vik, A. Mills, and J. T. Staley. 1982. Nonstandard methods for enumerating bacteria in drinking water. *J. Am. Water Works Assoc.* 74:313-318.
- Gabrielides G.P., Theocharis A.C., (1978). Physical and chemical characteristics of Pagassitikos Gulf, Greece. *Thalassographica* 2: 135-154.
- Garneau ME, Vincent WF, Alonso-Saez L, Gratton Y, Lovejoy C (2006) Prokaryotic community structure and heterotrophic production in a river-influenced coastal arctic ecosystem. *Aquat Microb Ecol* 42:27–40
- Gerakis, P.A., 1992. Former Lake Karla rehabilitation case study, *Conservation and Management of Greek Wetlands* (P.A. Gerakis, editor), IUCN, Gland, Switzerland, pp. 429-489.
- Henriques IS, Almeida A, Cunha A, Correia A (2004) Molecular sequence analysis of prokaryotic diversity in the middle and outer sections of the Portuguese estuary Ria de Aveiro. *FEMS Microbiol Ecol* 49:269–279

- Hoch, M., & Kirchman D. L.. 1993. Seasonal and inter-annual variability in bacterial production and biomass in a temperate estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 98: 283–295.
- House, W. A. 1999. The physio-chemical conditions for the precipitation of phosphate with calcium. *Environmental Technology* 20: 727–733.
- Jansson M, Bergström AK, Lymer D, Vrede K, Karlsson J (2007) Bacterioplankton growth and nutrient use efficiencies under variable organic carbon and inorganic phosphorus ratios. *Microb Ecol* 52:358–364E.
- Jones, R. I. 1992. The influence of humic substances on lacustrine planktonic food chains. *Hydrobiologia* 229: 73-9 1.
- Kelly, H. H., Berscheid, E., Christensen, A., Harvey, J. H., Huston, T. L., Levinger, G., McClintock, E., Peplau, L. A., & Peterson, D. R. (1983). Analyzing close relationships. In H. H. Kelley, E. Berscheid, A. Christensen, J. H. Harvey, T. L. Huston, G. Levinger, E. McClintock, L. A. Peplau, & D. R. Peterson (Eds.), *Close Relationships* (pp. 20–67). New York : Freeman.
- Kirchman, D. L., R. G. Keil, M. Simon, N. A. Welschmeyer, Biomass and production of heterotrophic bacterioplankton in the oceanic subarctic Pacific, *Deep Sea Res.*, 40(Part I), 967–988, 1993.
- Koutsoumanis K.P., Kendall P.A., Sofos J.N. (2004) Modeling the Boundaries of Growth of *Salmonella Typhimurium* in Broth as a Function of Temperature, Water Activity, and pH, *Journal of Food Protection*, Vol. 67, No. 1, 2004, Pages 53–59 International Association for Food Protection

- Langenheder S, Kisand V, Wikner J, Tranvik LJ (2003) Salinity as a structuring factor for the composition and performance of bacterioplankton degrading riverine DOC. *FEMS Microbiol Ecol* 45:189–202
- Larsson, U., and A. Hagstrom. 1982. Fractionated phytoplankton primary production, exudate release and bacterial production in a Baltic eutrophication gradient. *Mar. Biol.* 67:57-70.
- Le Pape, O. et al. (1996). Resistance of a coastal ecosystem to increasing eutrophic conditions: The bay of Brest (France), a semi-enclosed zone of Western Europe. *Continental Shelf Research*, 16(15), 1885–1907.
- Martiny, J.B., Bohannan, B.J., Brown, J.H., Colwell, R.K. et al., 2006. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. *Nat. Rev. Microbiol.*, 4, 102–112.
- McMeekin T. A., Presser K., Ratkowsky D. A., Ross T., Salter M., Tienungoon S. (2000) Quantifying the hurdle concept by modelling the bacterial growth/no growth interface. *Int. J. Food Microbiol.* 55:93–98.
- Means, E.G., Hanami, L., Ridgeway, H.F. & Olson, B.H. 1981 Evaluating mediums and plating techniques for enumerating bacteria in water distribution systems. *Journal of American Water Works Association* 73, 585–590.
- Ochs, C. A., Cole J. J., and Likens G. E.. 1995. Population dynamics of bacterioplankton in an oligotrophic lake. *J. Plankton Res.* 17: 365–391.
- Papadimitriou Th., Katsiapi M., Kormas K. Ar., Moustaka-Gouni M., Kagalou I., (2013). Artificially-born “killer” lake: Phytoplankton based water quality and microcystin affected fish in a reconstructed lake *Science of The Total Environment*, Volumes 452–453, 1 May 2013, Pages 116–124

- Percival S.L., Yates M. V., Williams D.W., Chalmers R.M., Gray N.F. (2013) *Microbiology of waterborne diseases: microbiological aspects and risks*. London: Elsevier.
- Petihakis G., Triantafyllou G., Pollani A., Koliou A., Theodorou A., Field data analysis and application of a complex water column biogeochemical model in different areas of a semi-enclosed basin: towards the development of an ecosystem man *Marine Environmental Research* 59 (2005) 493–518
- Piccini C, Conde D, Alonso C, Sommaruga R, Pernthaler J (2006) Blooms of single bacterial species in a coastal lagoon of the southwestern Atlantic Ocean. *Appl Environ Microb* 72:6560–6568
- Presser K. A., Ross T., Ratkowsky D.A. (1998) Modelling the growth limits (growth/no growth interface) of *Escherichia coli* as a function of temperature, pH, lactic acid concentration, and water activity. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:1773–1779.
- Reasoner, D. J., and E. E. Geldreich. 1985. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Appl. Environ. Microbiol.* 49:1-7.
- SCAVIA, D., AND G. A. LAIRD. 1987. Bacterioplankton in Lake Michigan: Dynamics, controls, and significance to carbon flux. *Limnol. Oceanogr.* 32: 1017–1033.
- Selje N, Simon M (2003) Composition and dynamics of particle-associated and free-living bacterial communities in the Weser estuary, Germany. *Aquat Microb Ecol* 30:221–237

- Shia, F., & Ducklow H. W. 1994. Temperature and substrate regulation of bacterial abundance, production and specific growth rate in Chesapeake Bay, USA. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 103: 297–308.
- Sidiropoulos P. , Mylopoulos N. , Loukas A. , (2012). Optimal Management of an Overexploited Aquifer under Climate Change: The Lake Karla Case, *Water Resources Management* April 2013, Volume 27, Issue 6, pp 1635-1649
- Stepanauskas R, Moran MA, Bergamaschi BA, Hollibaugh JT (2003) Covariance of bacterioplankton composition and environmental variables in a temperate delta system. *Aquat Microb Ecol* 31:85–98
- Theodorou, A. and Petihakis, G. (2000). Study of Pagasitikos Gulf. Final Report, University of Thessaly, Volos
- TIBBLES, B. J. 1996. Effects of temperature on the incorporation of leucine and thymidine by bacterioplankton and bacterial isolates. *Aquat. Microb. Ecol.* 11: 239–250.
- Triantafyllou G., Petihakis G., Dounas C., Theodorou A., (2001). Assessing marine ecosystem response to nutrient inputs. *Marine Pollution Bulletin* 43: 175-186.
- Tsai Yi An, Gong Gwo, Shiau Wei 2015. Impact of short-term warming on seasonal variations in bacterial growth, grazing, and viral lysis in coastal waters of Taiwan. *AME* 76:195-205 (2016) - doi:10.3354/ame01779
- Wiebe W.J, Sheldon W.M Jr., Pomeroy L.R (1992) Bacterial growth in the cold: evidence for an enhanced substrate requirement. *Appl. Environ. Microbiol.* 58, 359–364.

- Wu, Q.L., Zwart, G., Schauer, M., Kamst-van Agterveld, M.P. et al., 2006. Bacterioplankton community composition along a salinity gradient of sixteen high-mountain lakes located on the Tibetan Plateau, China. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72, 5478–5485.
- Zhang, L., Gao, G., Tang, X. and Shao, K. (2014) Can the freshwater bacterial communities shift to the “marine-like” taxa? *J Basic Microbiol* 54, 1264–1272.

6. ABSTRACT

Title: Survivability of planktic microorganisms from the Karla reservoir in Pagassitikos Gulf, Greece.

Lake Karla was fully dried in 1962 and its reconstruction started in 2000. The reconstructed lake occupies now the lower area of the former lake Karla, an area of 38km². The main source of inflow of Lake Karla is the flood runoff of Pineios river. The lake presents a tendency of progressive eutrophication which has frequent peaks of cyanobacteria. During the drying of Lake Karla, large quantities of enriched water with nutrients was channeled to Pagassitikos Gulf.

Bacteria play a crucial role both in marine ecosystems and freshwater ecosystems since they are responsible for the recycling of dissolved organic carbon. Bacterial growth in the aquatic environment is influenced by many factors, and one of them is salinity.

On the account of the aforementioned, the purpose of this thesis is to study the ability of bacteria from lake Karla to survive in the seawater of Pagassitikos Gulf, as well as to determine their growth capacity in seawater.

For this thesis two water samplings took place in fixed points of Pagassitikos Gulf and lake Karla during autumn and winter. Also, for the preparation of a “vaccine αυτό δεν ξέρω πως μεταφράζεται” 40 ml of the water sample of lake Karla was filtered with Glass Fiber Fine with a pore of 0.7 μm , in order to remove protozoa and to maintain bacteria. The growth medium that was used is R2A.

Regarding the autumn phase of the experiment, the temperature of incubation was set to 15 °C. Overall, the bacteria both in the lake Karla water and the Pagasitikos gulf water formed colonies for a time period of about 9 days. During the winter phase of the experiment, the incubation temperature was set to 11 °C. Bacteria showed a slower growth rate and formed colonies for a period of about 6 days.

During the autumn experiment phase, the average values for bacterial growth in lake Karla water were about 0.7×10^6 cfu / ml, while the average value for bacterial growth in Pagasitikos gulf water could not be calculated since the colonies on the plates were countless, because no dilutions were used during the plating of samples of Pagasitikos Gulf.

During the winter experiment phase, a large bacterial growth for both samples of lake Karla and Pagasitikos Gulf took place after the 72 hour mark of the experiment, which was followed by a downward trend until the 145 hours mark by which the values of colonies observed had dropped to zero. The maximum values that were observed are $1,252 \times 10^6$ cfu / ml for lake Karla plates and $1,39 \times 10^7$ cfu / ml for Pagasitikos Gulf plates.

In conclusion, it is clear that bacteria of Lake Karla are able to survive in Pagasitikos gulf or in similar conditions. Salinity does not seem to affect the bacterial

growth in any way, nevertheless, according to other studies, salinity seems to affect the bacterial community composition.