



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ



*Προσδιορισμός του επιπέδου ανθρωπογενούς ρύπανσης
στο Παλιό Λιμάνι Χανίων*

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπαμπάλα Αγγελική

Επιβλέπων

Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2019



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ



*Προσδιορισμός του επιπέδου ανθρωπογενούς ρύπανσης
στο Παλιό Λιμάνι Χανίων*

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπαμπάλα Αγγελική

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος

Επιτροπή: Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Κατσίβελα Ελευθερία

Αξιολόγησης Επίκουρος Καθηγητής Καλδέρης Δημήτριος

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 76

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από την φοιτήτρια Μπαμπάλα Αγγελική του Τμήματος Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος ΤΕ του ΤΕΙ Κρήτης υπό την επίβλεψη του καθηγητή Σταυρουλάκη Γεωργίου στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων.

Ευχαριστίες

Η πτυχιακή εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος "Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση", Πράξη Αρχιμήδης ΙΙΙ και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους (Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς 2007-2013).

Περίληψη

Η διεθνής τουριστική αναγνωσιμότητα του Ενετικού Λιμένα των Χανίων επιβάλλει την εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής για την προστασία της θαλάσσιας περιοχής που τον περιβάλλει. Η διατήρηση υψηλών ποιοτικών χαρακτηριστικών στο θαλασσίνο νερό αποτελεί το άμεσο αποτέλεσμα της πολιτικής αυτής. Την περίοδο 2012-13 πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες στην θαλάσσια περιοχή του Λιμένα και προσδιορίστηκαν οι παράμετροι pH, θολερότητα και η συγκέντρωση νιτρικών, αμμωνιακών, φωσφορικών, διαλυμένου και βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου, total & fecal coliforms. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι υπάρχει σοβαρή ανθρωπογενής επιβάρυνση και η οποία δεν περιορίζεται στους μήνες της τουριστικής κίνησης.

Οι αγωγοί όμβριων υδάτων αποτελούν σημειακή πηγή ρύπανσης στην περιοχή απορροής καθώς μεταφέρουν τους ρύπους του πολεοδομικού συγκροτήματος των πόλεων που διασχίζουν. Την περίοδο 2012-2013 έγιναν τακτικές δειγματοληψίες στην έξοδο του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν προσδιορίστηκε η συγκέντρωση NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^+ , DO, BOD, COD, total & fecal coliforms. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ανάγκη ελέγχου του δικτύου των αγωγών όμβριων της πόλης για τον εντοπισμό των περιοχών με το υψηλότερο ρυπαντικό φορτίο προκειμένου να μην επιβαρύνεται ο τελικός αποδέκτης, η θαλάσσια περιοχή Κουμ Καπί.

Η χωροχρονική μεταβολή του μικροβιολογικού φορτίου στον Ενετικό Λιμένα Χανίων μελετήθηκε την περίοδο Μάιος 2012 έως Οκτώβριος 2014. Παράκτια δείγματα επιφανειακού θαλασσινού νερού συλλέχθηκαν από 7 σταθερά σημεία της περιοχής μελέτης και προσδιορίστηκε το μικροβιολογικό φορτίο με την μέτρηση των αποικιών ολικών κολοβακτηρίων, κοπρανωδών κολοβακτηρίων, *E. coli* και εντεροκόκκων. Οι επιφανειακές αστικές απορροές και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην περιοχή φαίνεται ότι επιβαρύνουν σημαντικά το θαλάσσιο περιβάλλον

Η εκροή του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων βρίσκεται στην δυτική πλευρά της ακτής Κουμ-Καπί μεταξύ «κατά παράδοση» σημείων κολύμβησης κατοίκων της περιοχής και επισκεπτών της παλιάς πόλης. Την περίοδο 2012-2014, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες από την εκροή του αγωγού και την θαλάσσια περιοχή, σε διάφορες αποστάσεις από τον αγωγό. Προσδιορίστηκε η συγκέντρωση των μικροβιολογικών δεικτών: ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια, *E. coli*, και εντερόκοκκος. Το μικροβιολογικό φορτίο που αποβάλλεται μέσω του αγωγού είναι ιδιαίτερα σημαντικό αλλά η αραίωση που παρατηρήθηκε στην θαλάσσια περιοχή έφτασε στο 90-97% στην ισοβαθή 0,7 μ και σε απόσταση μεγαλύτερη των 5 μ από την έξοδο του αγωγού. Η εφαρμογή των αποτελεσμάτων σε κατάλληλο μοντέλο διάχυσης ρύπων μπορεί να αποτελέσει εργαλείο πρόβλεψης της επιβάρυνσης παράκτιων περιοχών από πρόθεση ή ατύχημα μέσω των αγωγών όμβριων.

Λέξεις κλειδιά: παράκτια ύδατα, αγωγός όμβριων, μικροβιολογικό φορτίο, μόλυνση. Ενετικός Λιμένας Χανίων, Θαλάσσια ρύπανση Μικροβιολογική ποιότητα, παράκτιο νερό, αστικές απορροές.

Anthropogenic pollution in the Old Harbor of Hania

Abstract

The network of the urban runoff is a potential pollution source towards the discharge area since pollutants are carried through the whole city. The 2012-13 period, water samples were collected from the central urban runoff pipe outlet located in the coastal area of Koum Kapi. During this research period the values of NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^+ , dissolved oxygen, BOD, COD and the colonies of total and fecal coliforms were measure employing standard methods of analysis. The results of the water quality control showed the lack of a monitoring for the determination of the most polluted urban area and the prevention of the pipe outlet to be a point source of the seawater pollution.

The Venetian Port, historical spot of Chania with international reputation, deserves the implementation of an environmental policy for its marine ecosystem and the seawater quality as the first priority. The 2012-13 period, sea water samples were collected from the coastal area of the port. During this research period, the values of pH, turbidity, NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^+ , dissolved oxygen, BOD_5 and the colonies of total & fecal coliforms were measured. The results showed that the man-made impact is not limited to the touristic period and is can be reduced through environmental informed citizens and business owners.

The 2012-14 period, sea water samples were collected from 7 coastal stations around the Venetian Harbour of Chania. During the research period the colonies of total coliforms, fecal coliforms, *E. coli* and enterococci were measured. The urban runoff and the man-made impact seem to be the main reasons for the seawater pollution.

The central urban runoff pipe outlet of the city of Chania is located in the west side of the city, on the coastal area of Koum Kapi, close to a beach used for swimming by the public. Throughout the 2012-14 period, water samples were collected from the central urban runoff pipe outlet, in the framework of ARCHIMEDES project. Seawater samples were also collected from the coastal area of Koum Kapi, 5m, 15m and 30m away from the urban runoff pipe outlet. During this research period, the total and fecal coliforms, *E. coli and enterococcus* were measured. The high level of the pollution load measured in the urban runoff pipe outlet, was reduced by 90-97% in a vertical distance of 5m from the pipe outlet and at 0.7m depth. A diffusion model - based on additional data obtained from pollution diffusion measurements at each side of the pipe - could support decision makers to prevent future coastal water pollution.

Key words: Microbiological quality, coastal water, urban runoff. : *coastal water, urban runoff, water pollution*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΓΩΓΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αστικοποίηση είναι ένα φαινόμενο που παρουσιάζει αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες και έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, επιβαρύνοντας τα υδατικά αποθέματα και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν εξαιτίας της αυξανόμενης αστικοποίησης, είναι τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα των αστικών απορροών. Οι αστικές απορροές, που αποτελούν μη σημειακή πηγή ρύπανσης, είναι μία από τις κυριότερες αιτίες της ποιοτικής υποβάθμισης των υδάτινων αποδεκτών και αποτελούν την δεύτερη πιο σημαντική αιτία ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων στις Η.Π.Α.. Οι παράγοντες που συμβάλλουν στο συγκεκριμένο τύπο ρύπανσης είναι, μεταξύ άλλων, η διάβρωση του εδάφους, τα ξεπλύματα των ακαθαρσιών των δρόμων, η συσσώρευση και το ξέπλυμα της ατμοσφαιρικής σκόνης, τα φυτοφάρμακα και χημικά λιπάσματα και τα κατακρημνίσματα .

Από έρευνες που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι οι αστικές απορροές είναι πλούσιες σε ρυπαντικό φορτίο, το οποίο μπορεί να απειλήσει, εκτός από τα οικοσυστήματα, και τη δημόσια υγεία, αφού συναντώνται υψηλές συγκεντρώσεις βιολογικών και χημικών ρυπαντών. Γενικά, στις αστικές απορροές έχει εντοπιστεί οργανικό φορτίο, βαρέα μέταλλα, θρεπτικά συστατικά, φυτοφάρμακα, λίπη, έλαια, υδρογονάνθρακες και βακτήρια .

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο, αυτό αποτελεί σημαντικό ρύπο των αστικών απορροών. Συνήθως συναντάται αρκετά μεγάλος αριθμός αποικιών παθογόνων μικροοργανισμών, μεταξύ των οποίων είναι και τα fecal coliforms, τα οποία εξετάζονται στην παρούσα μελέτη. Η παρουσία μικροβιολογικού φορτίου στις αστικές απορροές, τις καθιστά εξαιρετικά επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία, αφού έχει αναφερθεί ότι ορισμένες φορές η συγκέντρωσή των μικροβιακών αποικιών μπορεί να φτάσει εκείνη των αποικιών που περιέχονται σε αραιωμένα ακατέργαστα απόβλητα .

Μία άλλη παράμετρος που έχει εξεταστεί και ανιχνευθεί στις αστικές απορροές είναι τα θρεπτικά συστατικά. Οι τιμές των NO_3^- -N που έχουν καταγραφεί, συνήθως δεν καταδεικνύουν σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση . Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση των NO_3^- -N είναι πιο υψηλή. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι αυτοκινητόδρομοι υψηλής κυκλοφορίας, όπου απαντώνται υψηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- -N. Αντίθετα, τα NH_4^+ -N, συναντώνται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, οι οποίες εξαρτώνται σημαντικά από την περιοχή από την οποία προέρχονται οι απορροές (βιομηχανική και εμπορική περιοχή, περιοχή κίνησης οχημάτων ή ζώνη κατοικίας) .

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η παρουσία του COD και του BOD_5 στις αστικές απορροές, παράμετροι που επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Γενικά, οι συγκεντρώσεις που έχουν καταγραφεί είναι συνήθως αρκετά υψηλές, ενώ παρουσιάζουν και αρκετές διακυμάνσεις .

Η παρούσα μελέτη είχε στόχο την εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου που μεταφέρει ο κύριος αγωγός του δικτύου συλλογής όμβριων υδάτων της πόλης των Χανίων στο σημείο εκφόρτισης του στην θαλάσσια περιοχή του Κουμ Καπί..

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην διάρκεια της μελέτης, Μάιος 2012 - Μάιος 2013, πραγματοποιήθηκαν 8 δειγματοληψίες νερού στο σημείο εκφόρτισης του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων στην παραλία Κουμ-Καπί στην ανατολική πλευρά του κολπίσκου (Εικ. 1,2). Ο συνολικός όγκος των όμβριων υδάτων που συγκεντρώνονται ετησίως μέσω του συγκεκριμένου αγωγού υπολογίζονται, κατά μέσο όρο, στα 400m³ με κατανομή που εξαρτάται άμεσα από την ένταση των βροχοπτώσεων. Η δειγματοληψίες στην έξοδο του αγωγού έγιναν με την βοήθεια κατάλληλα διαμορφωμένου δειγματολήπτη. Τα δείγματα νερού μεταφερόταν με φορητό ψυγείο (4°C) στο Εργαστήριο όπου γίνονταν αυθημερόν ο προσδιορισμός των παραμέτρων ποιότητας pH, EC, BOD₅, COD, NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻ και του μικροβιολογικού φορτίου με την καταμέτρηση των αποικιών *Total coliforms* και *Fecal coliforms*.

Η μέτρηση pH, DO και ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε ηλεκτρομετρικά με πολυόργανο HACH (sensionTM156) εφοδιασμένο με τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια. Η συγκέντρωση του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD) μετρήθηκε μανομετρικά με την ειδική συσκευή BOD (Lovibond) εφοδιασμένη με φιάλες που έφεραν κεφαλές με ψηφιακούς αισθητήρες. Η συγκέντρωση του Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD), NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻ έγινε με τη χρήση των Cell Test MERCK 14560, 9713, 14752, 14848 αντίστοιχα και φωτομέτρου MERCK Spectroquant® NOVA 60.

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν με την μέθοδο της διήθησης νερού σε αποστειρωμένα φίλτρα κυτταρίνης 47mm/0.45por (Gelman GN 66191) και την επώαση σε υπόστρωμα Agar & Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab M 82) σε θαλάμους επώασης 37°C και 44°C αντίστοιχα για 24 ώρες.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι τιμές των παραμέτρων ποιότητας του νερού του αγωγού όμβριων που μετρήθηκαν παρουσίασαν διαφορετικό εύρος μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής κατά την περίοδο μελέτης όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Ιδιαίτερα σημαντικό θεωρείται το χαμηλό επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου, (<5mg/l) καθ' όλη την περίοδο μελέτης (Σχήμα 2), που αναδεικνύει και το πρόβλημα της φόρτισης των απορροών με οργανικό φορτίο.



Εικόνα 1. Το τμήμα της πόλης των Χανίων που παροχετεύει τα όμβρια ύδατα μέσω του αγωγού της μελέτης στην θάλασσα περιοχή Κουμ Καπί.



Εικόνα 2. Θέση του αγωγού όμβριων στην θάλασσα περιοχή Κουμ Καπί, ΒΑ της πόλης των Χανίων.

Η υψηλή μέγιστη τιμή του COD στα 460mg/l καθώς και η μέγιστη του BOD₅ στα 23mg/l, παρά το γεγονός ότι δεν συμπίπτουν χρονικά, οφείλονται πιθανόν στην εισροή υψηλού ρυπογόνου φορτίου με μεταβαλλόμενο οργανικό φορτίο το οποίο περιλαμβάνει υψηλό μη βιολογικά αποικοδομήσιμο ποσοστό (Σχήμα 2). Η συνεκτίμηση των τιμών διαλυμένου οξυγόνου, BOD₅ και COD αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της οργανικής επιβάρυνσης που μπορεί να οδηγήσει και στον εντοπισμό της πηγής ρύπανσης όταν γίνει κατά μήκος της διαδρομής του αγωγού όμβριων. Η διαφορετική εποχή εμφάνισης των υψηλών τιμών COD (Ιούνιος, Σεπτέμβριος 2012-τουριστική περίοδος) και BOD (Απρίλιος 2013) κατά την περίοδο μελέτης αποτελεί ήδη σημείο περαιτέρω διερεύνησης ώστε να προσδιοριστούν οι ρυπογόνες πηγές.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων έδειξε ελάχιστες τιμές αμμωνιακών ιόντων (κάτω του ορίου ανίχνευσης) πιθανόν λόγω νιτροποίησης καθώς οι τιμές των νιτρικών ιόντων διατηρήθηκαν κοντά στα 6.0 mg/l το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της μελέτης (Σχήμα 3).

Η ύπαρξη ιδιαίτερα υψηλού μικροβιολογικού φορτίου σε όλες τις δειγματοληψίες (ανεξαρτήτως ξηρής ή υγρής εποχής του έτους) δεικνύει την ύπαρξη σημείων συνεχούς εισροής απορροών στον αγωγό όμβριων, με σύσταση ανάλογη των αστικών λυμάτων (Σχ 4).

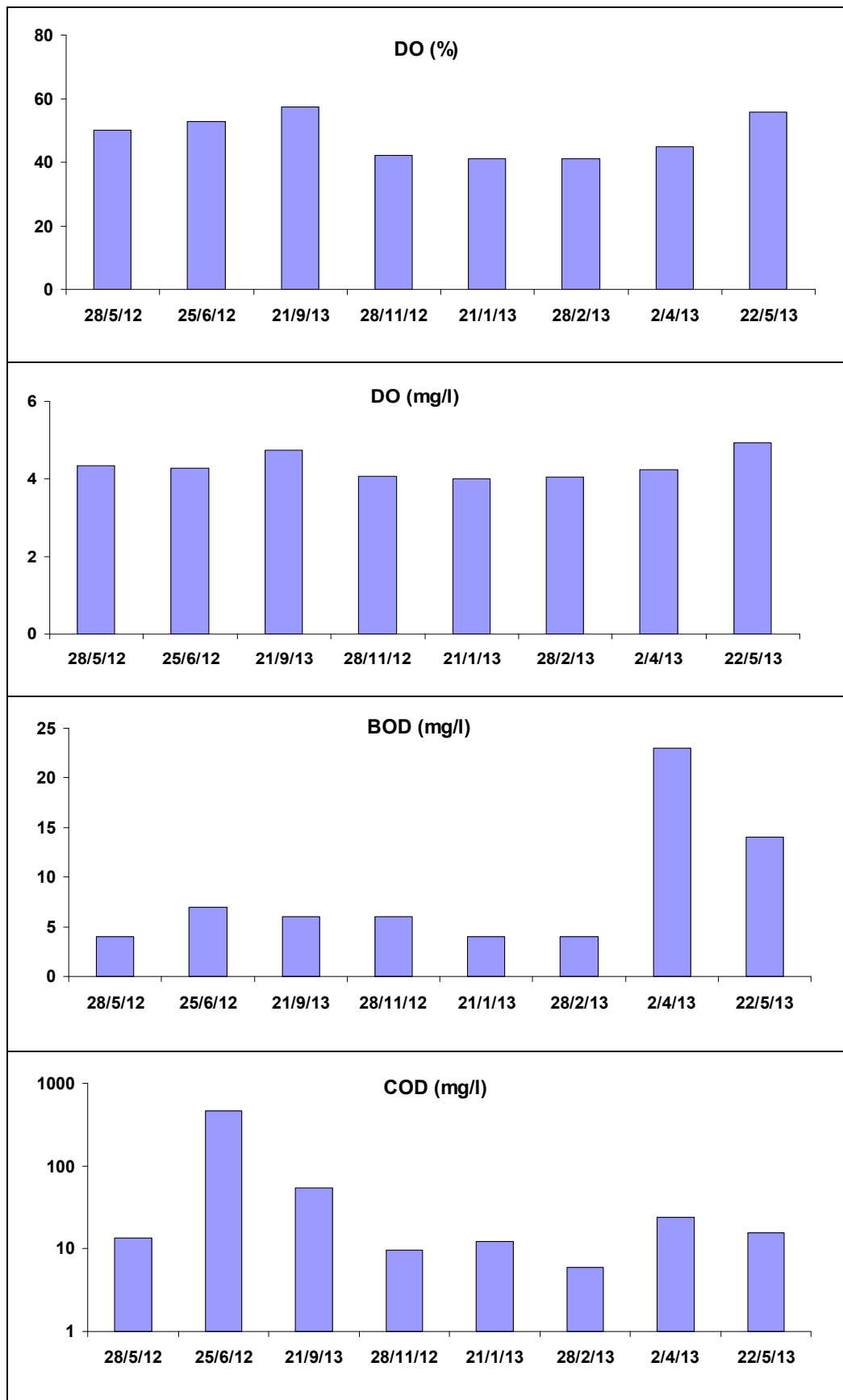
Πίνακας 1. Μέγιστες και ελάχιστες τιμές των παραμέτρων pH, DO, BOD₅, COD, NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻, ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων κατά την περίοδο μελέτης 28/5/2012 έως 22/5/2013

Παράμετρος	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
pH	7,3	7,9
DO (mg/l)	4,0	4,9
COD (mg/l)	6	460
BOD ₅ (mg/l)	4	23
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,97	7,4
NH ₄ ⁻ (mg/l)	≤ 0,013mg/l	
PO ₄ ⁻ (mg/l)	0,07	0,70
Total coliforms (cfu/100ml)	12.000	440.000
Fecal coliforms (cfu /100ml)	9.000	322.000

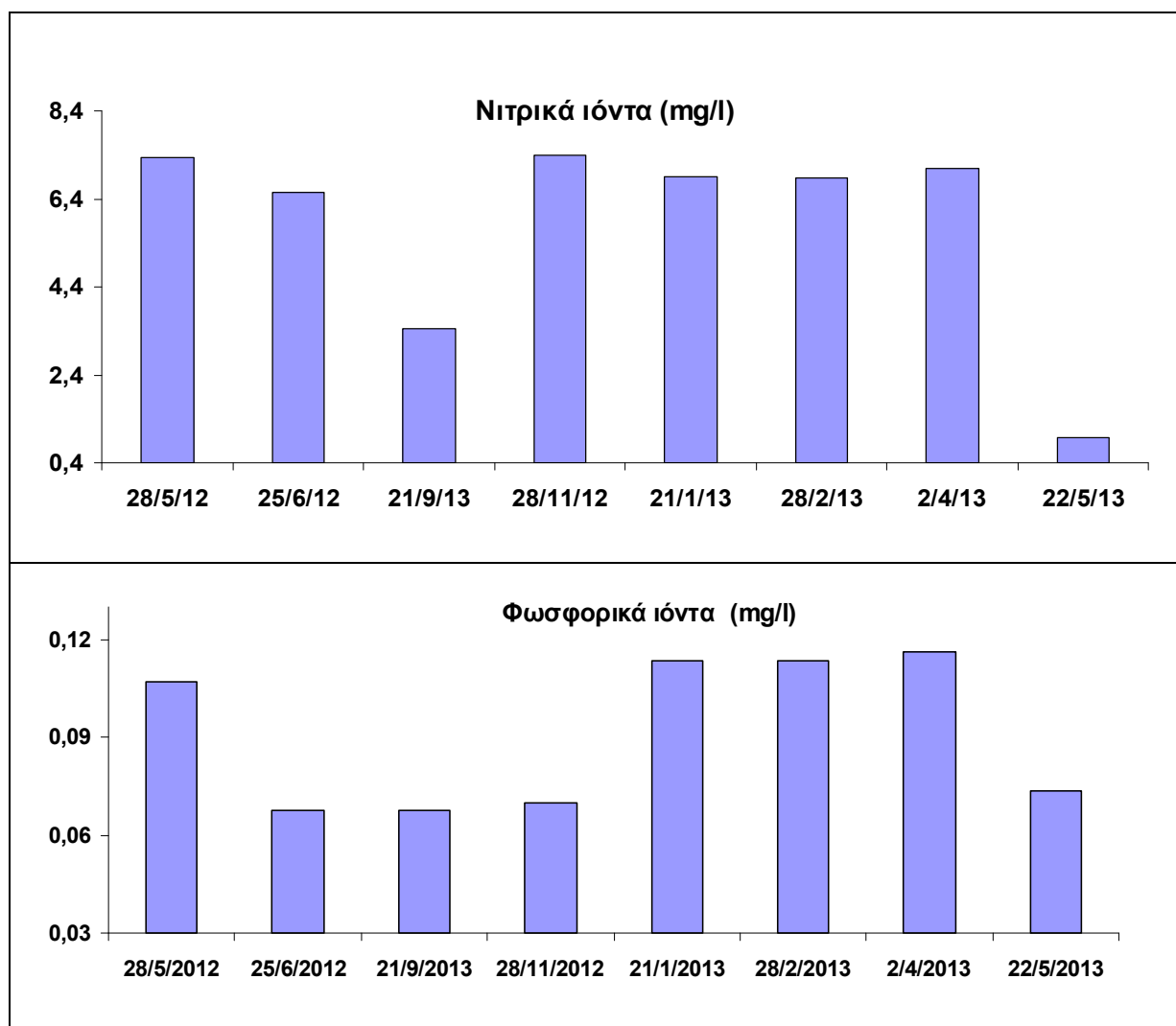
Η αυξημένη κίνηση αυτοκινήτων, οι εκπλύσεις του οδοστρώματος και των εδαφών μιας αστικής περιοχής, η απορροή οικοδομικών υλικών, η πλύση αυτοκινήτων σε συνδυασμό με τη διαρροή αστικών και βιοτεχνικών λυμάτων ευνοούν την συσσώρευση διαφόρων ρυπαντών (τοξικών, μικροβιολογικών, ανεπιθύμητων ουσιών, φυσική επιβάρυνση) στους αγωγούς όμβριων υδάτων. Οι παράκτιες περιοχές κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα αποτελούν τελικούς αποδέκτες αυτών των αγωγών το ρυπαντικό φορτίο των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας των παράκτιων υδάτων επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα, την αισθητική αξία και τη δυνατότητα αναψυχής.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προέκυψε ότι το δίκτυο της αστικής απορροής όμβριων της πόλης των Χανίων μεταφέρει ιδιαίτερα υψηλό οργανικό φορτίο που φαίνεται να σχετίζεται τόσο με τις επιφανειακές απορροές όσο και με πιθανές βλάβες δικτύου αστικών λυμάτων που πιθανόν να τροφοδοτεί με ρυπογόνο υλικό τον αγωγό όμβριων.

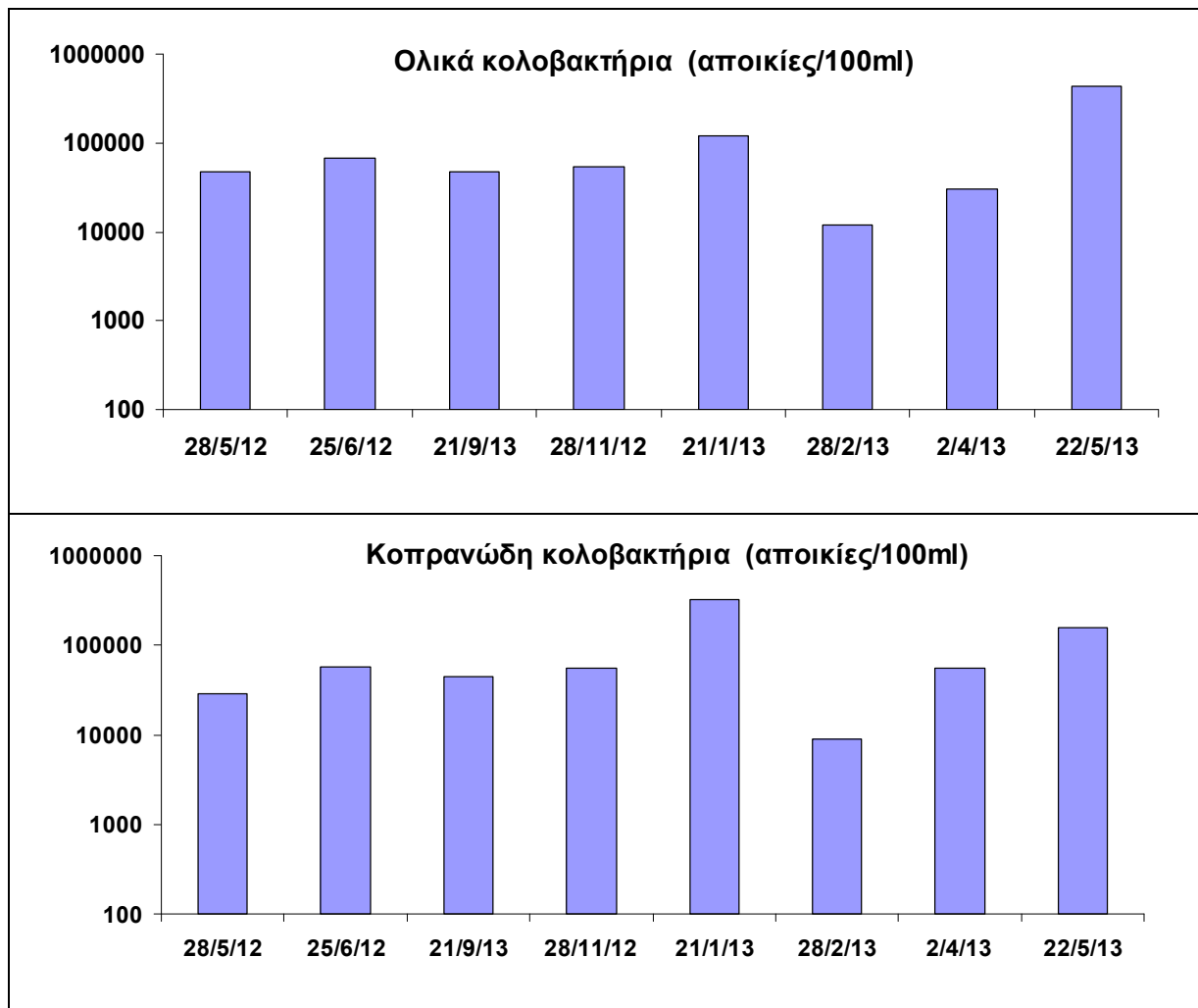
Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να διευκρινιστεί, μετά την ολοκλήρωση της μελέτης, η εποχικότητα των παραμέτρων που παρουσίασαν υψηλές τιμές την περίοδο μελέτης αλλά και οι πιθανές πηγές επιβάρυνσης του δικτύου όμβριων. Η παραλιακή περιοχή του Κουμ Καπί αποτελεί σημαντικό τμήμα της πόλης με πολλούς μόνιμους κατοίκους και έντονη νυκτερινή ζωή αλλά και τουριστική κίνηση.



Σχήμα 2. Μεταβολή της συγκέντρωσης DO, BOD₅, COD στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Μάιος 2013.



Σχήμα 3. Μεταβολή της συγκέντρωσης NO_3^- , PO_4^- , στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Μάιος 2013.



Σχήμα 4. Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Μάιος 2013.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΝΕΡΟΥ ΕΝΕΤΙΚΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως λιμάνι ορίζεται ένας περιορισμένος και προστατευμένος όγκος νερού με βάθος τέτοιο που να μπορεί να εξασφαλίσει την κίνηση και την αγκυροβόληση των πλοίων. Γενικά υπάρχουν διαφορετικοί τύποι λιμανιών, κάθε ένας από τους οποίους διαφέρει στις δραστηριότητες, την κλίμακα και την πολυπλοκότητά του.

Η επιβάρυνση της ποιότητας του νερού σε ένα λιμάνι, μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο όχι μόνο στο περιβάλλον, αλλά και στον τουρισμό και την οικονομία της περιοχής. Η επιβάρυνση αυτή, είναι συνήθως αποτέλεσμα ανθρώπινων ενεργειών και οφείλεται κυρίως στην ανάπτυξη εμπορικών και οικονομικών δραστηριοτήτων, αλλά και στο γεγονός ότι μεγάλο μέρος του πληθυσμού έχει πλέον εγκατασταθεί στις παράκτιες ζώνες. Η ποιοτική υποβάθμιση του νερού ενός λιμανιού, δηλαδή η μεταβολή των μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών χαρακτηριστικών του, μπορεί επίσης να επηρεάζεται και από τη διέλευση σκαφών άλλα και τυχόν θαλάσσια ρεύματα εντός του λιμανιού.

Η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό την εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου του θαλασσινού νερού του Ενετικού Λιμένα των Χανίων, που αποτελεί μία από τις τοποθεσίες με τη μεγαλύτερη επισκεψιμότητα στην πόλη των Χανίων. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η παρουσία θρεπτικών συστατικών, τα οποία αποτελούν σημαντικό δείκτη ρύπανσης, αφού υποβαθμίζουν την ποιότητα του θαλασσινού νερού, αυξάνοντας σημαντικά την συγκέντρωση του φυτοπλαγκτόν, δημιουργώντας ευτροφισμό. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παρουσία των θρεπτικών συστατικών στις παράκτιες περιοχές, αποτελεί μείζον πρόβλημα που συναντάται ολοένα και περισσότερο παγκοσμίως. Επίσης, στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάζεται το διαλυμένο και βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο και η παρουσία μικροβιολογικού φορτίου, παράμετροι οι οποίες μπορούν να επιβεβαιώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην διάρκεια της μελέτης, Μάιος 2012 – Αύγουστος 2013, πραγματοποιήθηκαν 11 δειγματοληψίες νερού από δύο σημεία της θαλάσσιας περιοχής του Ενετικού Λιμένα Χανίων, μπροστά από το Ναυτικό Μουσείο (Εικόνα 3, Σημείο 1) και μπροστά από το Γιαλί Τζαμιά (Εικόνα 3, Σημείο 2) από βάθος περίπου 20cm και σε απόσταση 3m από την

ακτή με την βοήθεια κατάλληλου δειγματολήπτη. Τα σημεία δειγματοληψίας βρίσκονται στις δύο απέναντι πλευρές του λιμένα και η μεταξύ τους απόσταση είναι 150m (Εικ. 3).

Τα δείγματα νερού μεταφερόταν με φορητό ψυγείο (4°C) στο Εργαστήριο όπου γινόταν αυθημερόν ο προσδιορισμός των παραμέτρων ποιότητας pH, DO, BOD₅, NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻ και του μικροβιολογικού φορτίου με την καταμέτρηση των αποικιών *Total coliforms* και *Faecal coliforms*.

Η μέτρηση του pH και του DO (mg/l) έγινε με πολυόργανο HACH (sension™156) εφοδιασμένο με τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια. Η θολότητα των δειγμάτων μετρήθηκε με φορητό θολερόμετρο (Lovibond CR3210). Για την μέτρηση της συγκέντρωσης του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD₅mg/l) χρησιμοποιήθηκε ψηφιακή θερμοστατούμενη διάταξη BOD (Lovibond). Η συγκέντρωση (mg/l) NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻ έγινε με τη χρήση των Cell Test MERCK 9713, 14752, 14848 αντίστοιχα και φωτομέτρου MERCK Spectroquant® NOVA 60. Ο μικροβιολογικός έλεγχος των δειγμάτων έγινε με την μέθοδο της διήθησης νερού σε αποστειρωμένα φίλτρα κυτταρίνης 47mm/0.45por (Gelman GN 66191) και την επώαση σε τρυβλία με υπόστρωμα Agar & Membrane Lauryl Sulphate Broth, (LAB 82). Τα τρυβλία στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε θαλάμους επώασης σε θερμοκρασία και για χρόνο κατάλληλο για την ανάπτυξη των αποικιών *Total & Faecal coliforms*.



Εικόνα 3. Θέσεις δειγματοληψίας στον Ενετικό Λιμένα Χανίων. Σημείο 1:Ναυτικό Μουσείο, Σημείο 2:Γιαλί Τζαμσί (Αεροφωτογραφία Foto Μπουζις).

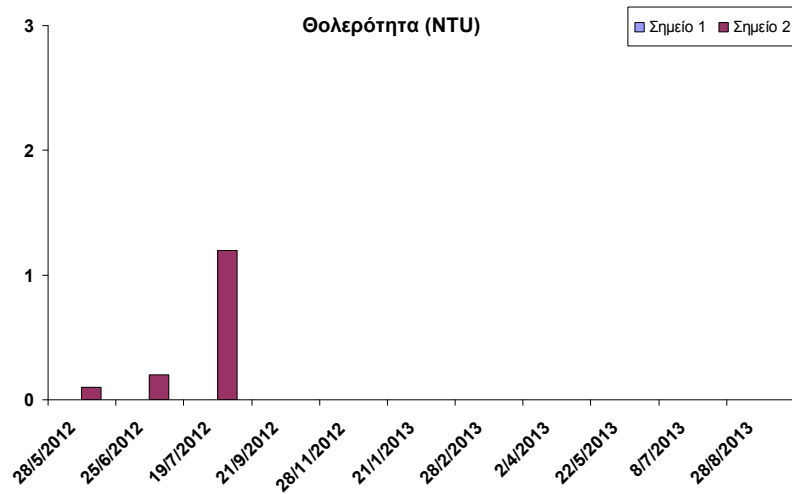
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά την περίοδο της έρευνας η τιμή του pH (8,1-8,3) διατηρήθηκε σταθερή και στα δύο σημεία δειγματοληψίας. Η θολερότητα του νερού στην θαλάσσια περιοχή μελέτης δεν έδωσε τιμές που να αναδεικνύουν κάποια πηγή επιβάρυνσης και διατηρήθηκε σε επίπεδα ≤ 1 NTU (Σχ 5). Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου παρουσίασε αξιόλογη μεταβολή κατά την περίοδο μελέτης καθώς παρέμεινε στο εύρος 7-8mg/l τους μήνες Μάιο-Ιούνιο-Ιούλιο τόσο το έτος 2012 όσο και το 2013. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου αυξήθηκε σε τιμές >9 mg/l τους χειμερινούς μήνες. Οι υψηλές τιμές του BOD₅ (2-5mg/l) μετρήθηκαν την περίοδο Μάιο- Ιούλιο και φαίνεται να ακολουθούν χρονικά την μείωση του DO την περίοδο των ετών 2012 και 2013 (Σχ. 6). Η αλληλεπίδραση των παραμέτρων που αφορούν το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο αφενός και την συγκέντρωση βιοαποικοδομήσιμου οργανικού φορτίου αφετέρου αναδεικνύει την πιθανή επιβάρυνση της θαλάσσιας περιοχής από ανθρωπογενείς δραστηριότητες καθώς συμπίπτει και με την περίοδο έντονης τουριστικής δραστηριότητας στην περιοχή.

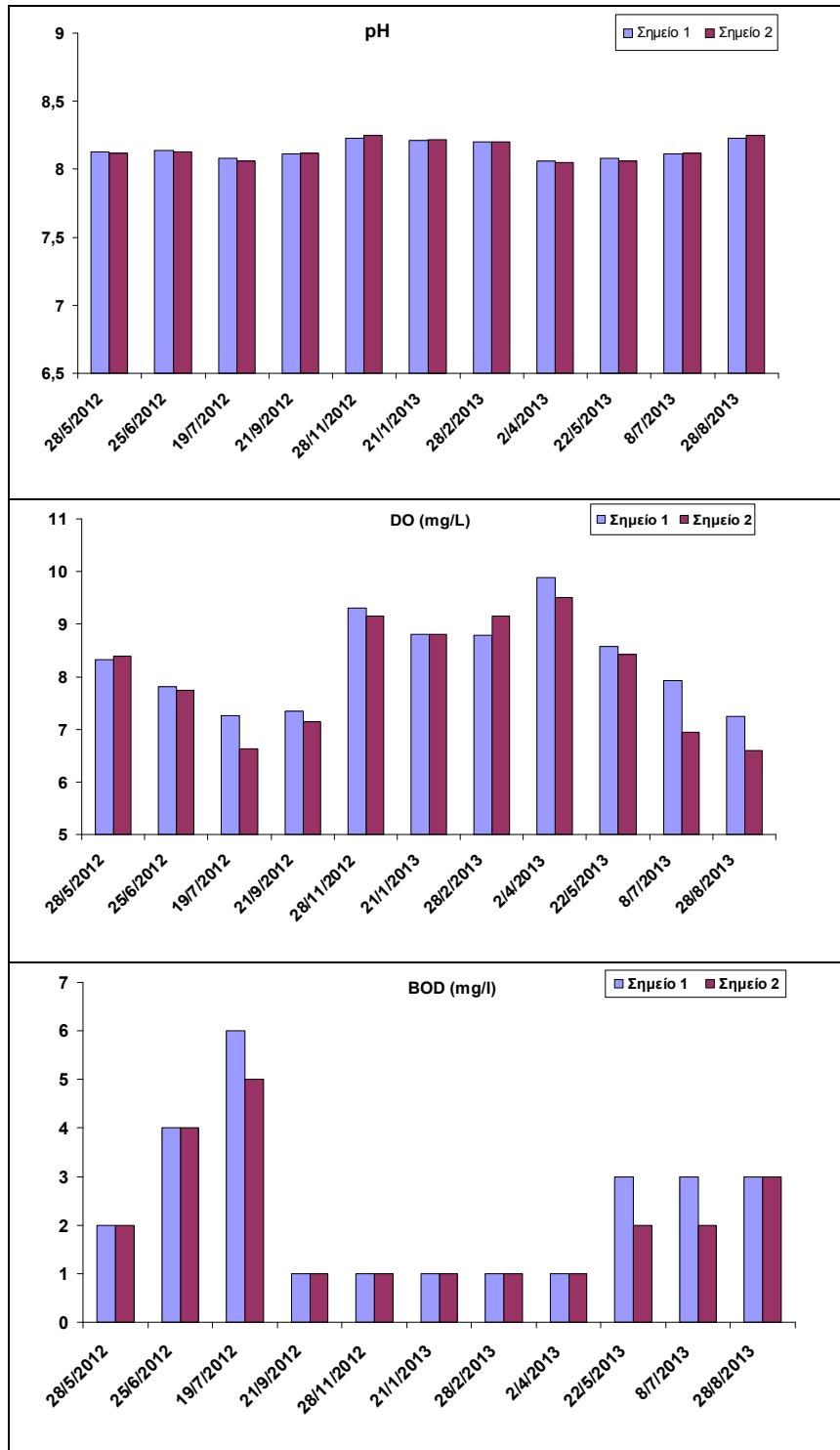
Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στην θαλάσσια περιοχή διατηρήθηκε σχεδόν σε όλη την περίοδο μελέτης πάνω από 3mg/l με μέγιστες και ελάχιστες τιμές διαφορετικές για κάθε σημείο δειγματοληψίας. Η περιοχή μπροστά από το Ναυτικό Μουσείο ξεπέρασε το επίπεδο των 4mg/l μόνο σε μια δειγματοληψία (25/6/2012) ενώ η ελάχιστη τιμή 1,7mg/l μετρήθηκε ένα χρόνο αργότερα (22/5/2013) και συμπίπτει χρονικά με την ελάχιστη τιμή νιτρικών (2,6mg/l) που μετρήθηκε στην περιοχή μπροστά από το Γιαλί Τζαμπί (Σημείο 2). Συγκρίνοντας τα δύο σημεία φαίνεται ότι οι υψηλότερες τιμές νιτρικών σε όλες σχεδόν τις δειγματοληψίες παρατηρήθηκαν στο Σημείο 2 με μέγιστο που έφτασε στα 5,7mg/l (Σχ 7).

Η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων στα σημεία δειγματοληψίας διαφοροποιήθηκε κατά την περίοδο της μελέτης με μέγιστες τιμές στα 0,11mg/l που όμως μετρήθηκαν σε διαφορετική ημερομηνία.

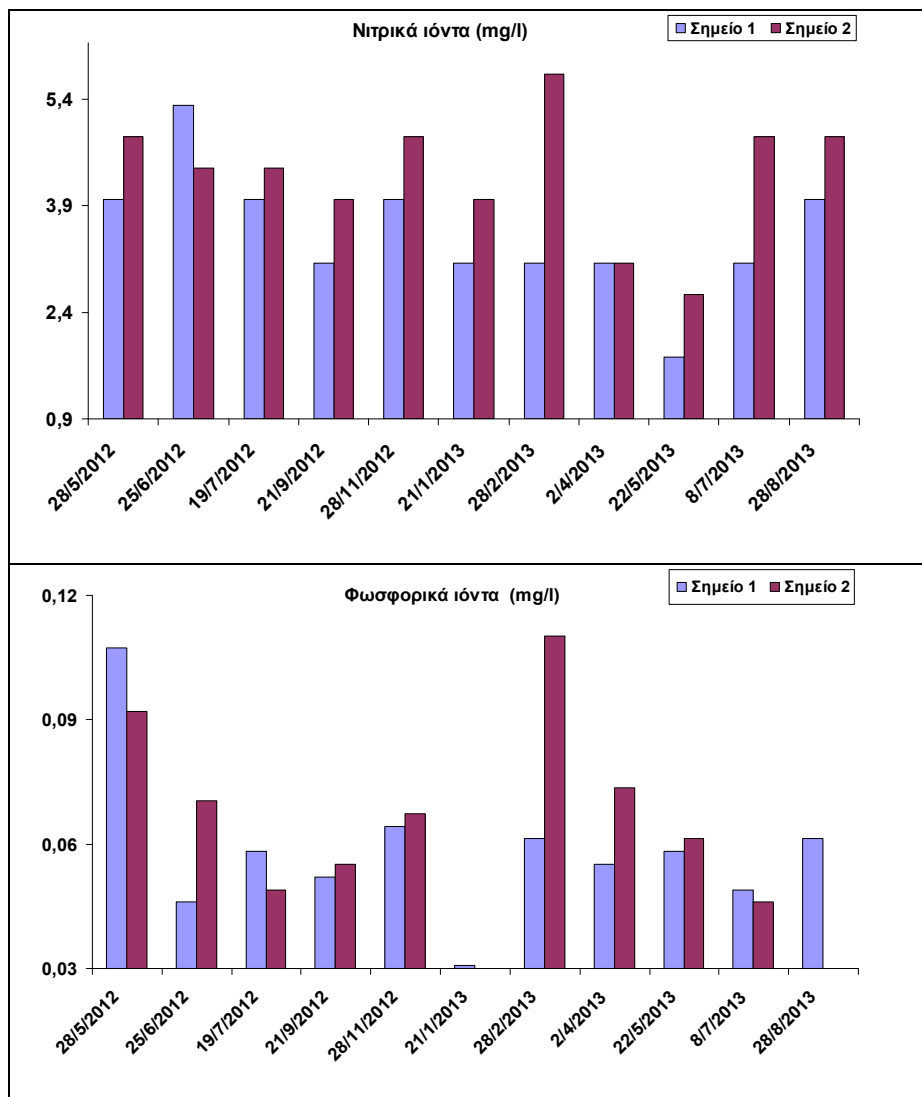
Η έντονη διαφορά τόσο των συγκεντρώσεων νιτρικών και φωσφορικών ιόντων όσο και του χρόνου που καταγράφηκαν οι μέγιστες τιμές στις δύο πλευρές του Ενετικού Λιμένα στην παρούσα έρευνα είναι πιθανόν αποτέλεσμα ρυπογόνων εστιών με διαφορετική δυναμική φόρτισης της θαλάσσιας περιοχής με ισχυρότερη εκείνη στην πλευρά του σημείου 2.



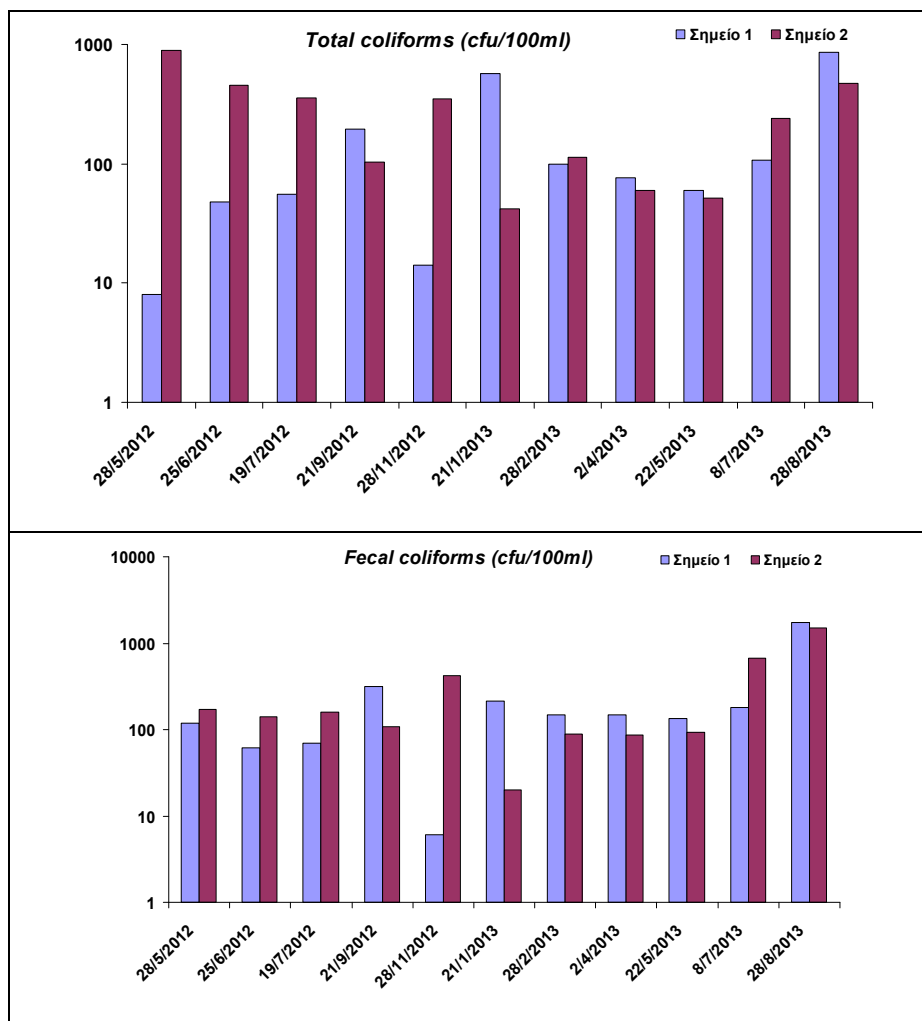
Σχήμα 5. Μεταβολή της θολερότητας στο νερό στα δύο σημεία δειγματοληψίας της θαλάσσιας περιοχής του Ενετικού Λιμένα Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Αύγουστος 2013.



Σχήμα 6. Μεταβολή του pH, της συγκέντρωσης DO, BOD₅ στο νερό στα δύο σημεία δειγματοληψίας της θαλάσσιας περιοχής του Ενετικού Λιμένα Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Αύγουστος 2013.



Σχήμα 7. Μεταβολή της συγκέντρωσης NO_3^- και PO_4^- στο νερό στα δύο σημεία δειγματοληψίας της θαλάσσιας περιοχής του Ενετικού Λιμένα Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Αύγουστος 2013.



Σχήμα 8. Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων στο νερό στα δύο σημεία δειγματοληψίας της θαλάσσιας περιοχής του Ενετικού Λιμένα Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Αύγουστος 2013.

Η συγκέντρωση των αμμωνιακών ιόντων διατηρήθηκε κάτω από 0,01mg/l σε όλη την διάρκεια μελέτης πιθανόν λόγω υψηλού ρυθμού νιτροποίησης (μετατροπή N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃).

Το μικροβιολογικό φορτίο, όπως εκτιμήθηκε με την μέτρηση των ολικών και κοπρικών κολοβακτηρίων (Σχ 8), δεικνύει την συνεχή οργανική φόρτιση της περιοχής μελέτης χωρίς όμως να ξεπερνά τα όρια των νερών κολύμβησης (διευκρινίζεται ότι η περιοχή μελέτης δεν ανήκει στην κολυμβητική ζώνη). Η χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των μικροβιολογικών παραμέτρων φαίνεται να ακολουθεί εκείνη του BOD₅ ενισχύοντας την εκτίμηση της ανθρωπογενούς επιβάρυνσης της θαλάσσιας περιοχής μελέτης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Ενετικός Λιμένας, αποτελεί περιοχή ανεκτίμητης τουριστικής σημασίας, σήμα κατατεθέν της πόλης των Χανίων, με τεράστια επισκεψιμότητα καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Η ευθύνη διατήρησης του θαλάσσιου περιβάλλοντος του λιμένα ανήκει τόσο στους επαγγελματίες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή αλλά και το σύνολο των κατοίκων και των επισκεπτών της πόλης των Χανίων. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας θα συγκεντρωθούν τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την αντιμετώπιση της ανθρωπογενούς επιβάρυνσης της περιοχής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΕΝΕΤΙΚΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΧΑΝΙΩΝ

1. Εισαγωγή

Ο Ενετικός Λιμένας αποτελεί την περιοχή της πόλης των Χανίων με την μεγαλύτερη επισκεψιμότητα που διαρκεί όλο τον χρόνο ενώ διαθέτει και τα πλέον αναγνωρίσιμα ιστορικά κτίσματα (Εικ. 1). Επομένως, αποτελεί καθήκον η διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος σε ανάλογο υψηλό επίπεδο. Ως φυσικός αποδέκτης των επιφανειακών απορροών όμβριων υδάτων τμήματος της παλιάς πόλης των Χανίων, ιδιαίτερη μέριμνα απαιτείται ώστε να περιοριστεί η ανθρωπογενής περιβαλλοντική φόρτιση της θαλάσσιας περιοχής. Παρότι η θαλάσσια περιοχή του Ενετικού Λιμένα δεν αποτελεί παραλία κολύμβησης, η ύπαρξη επιχειρήσεων εστίασης σε όλο το μήκος της παραλίας και σε απόσταση <5 m από την ακτογραμμή, καθιστά αναγκαία την διατήρηση των χαμηλών ορίων μικροβιολογικού φορτίου που αναφέρονται στην νομοθεσία των νερών κολύμβησης όσο και την άμεση και αποτελεσματική λήψη μέτρων προστασίας. Στόχος πρέπει να είναι η πρόληψη των ρυπογόνων δραστηριοτήτων ώστε να διατηρηθεί η παράκτια ζώνη του Ενετικού Λιμένα, με ακτογραμμή μήκους 1,5 km, στο μέγιστο δυνατό επίπεδο προστασίας και να συνεχίσει να αποτελεί την διαδρομή χιλιάδων επισκεπτών κάθε ημέρα της τουριστικής περιόδου..

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν η μελέτη χωρικής κατανομής και χρονικής διακύμανσης του μικροβιολογικού φορτίου στην θαλάσσια περιοχή του Ενετικού Λιμένα Χανίων και η συγκέντρωση δεδομένων για τον προσδιορισμό σημείων έντονης ανθρωπογενούς ρύπανσης.

2. Υλικά και Μέθοδοι

Στην περιοχή μελέτης του Ενετικού Λιμένα Χανίων επιλέχθηκαν 7 παράκτια σημεία-σταθμοί (Εικ. 4) από τα οποία έγιναν 19 δειγματοληψίες την περίοδο από Μάιο 2012 έως Οκτώβριο 2014 επιλέγοντας ημέρες με ήρεμη κατάσταση της θάλασσας. Τα σημεία Σ1-Φ, Σ2-Μ, Σ3-Κ, Σ4-Α, Σ5-ΜΟ, Σ6-ΦΟ, Σ7-ΝΕ κάλυπταν την θαλάσσια περιοχή μελέτης που δέχεται ανθρωπογενείς πιέσεις κυρίως μέσω των αγωγών όμβριων υδάτων και από τα ελλιμενιζόμενα σκάφη. Οι σταθμοί Σ1-Φ, Σ3-Κ, Σ5-ΜΟ εντάχθηκαν στον δίκτυο μετρήσεων από τον Ιανουάριο 2014 προκειμένου να καλυφθεί η παράκτια ζώνη με την έντονη καλοκαιρινή τουριστική δραστηριότητα.

Από κάθε σημείο συλλέχθηκαν δείγματα επιφανειακού θαλασσινού νερού με κατάλληλους δειγματολήπτες. Τα δείγματα νερού σε αποστειρωμένες φιάλες, μεταφερόταν εντός 2 ωρών με φορητό ψυγείο (4°C) στο Εργαστήριο για τον προσδιορισμό του μικροβιολογικού φορτίου. Οι μικροβιολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν αυθημερόν, με την μέθοδο της διήθησης 100 ml θαλασσινού νερού ή αραιώσεων ανάλογα με το επίπεδο ρύπανσης, σε αποστειρωμένα φίλτρα κυτταρίνης 47mm/0.45μm (Gelman GN 66191) και την επώαση τους σε κατάλληλα υποστρώματα. Για ολικά κολοβακτήρια και κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήθηκαν τρυβλία με υπόστρωμα από Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab M 82) και 1.0% w/v άγαρ. Ακολούθησε επώαση των τρυβλίων για τα ολικά κολοβακτήρια 24h/37 °C και επώαση των τρυβλίων για τα κοπρανώδη κολοβακτήρια 24h/44°C. Για *E. coli* χρησιμοποιήθηκαν τρυβλία με υπόστρωμα Harlequin TBGA (HAL 003) και επώαση 4h/30 °C και 18h 44°C. Για τους εντερόκοκκους χρησιμοποιήθηκαν τρυβλία με υπόστρωμα Slanetz & Bartley Medium (LAB 166) και επώαση 4h/37 °C και 44h/44°C. Μετά τον κατάλληλο χρόνο επώασης έγινε καταμέτρηση των αποικιών.

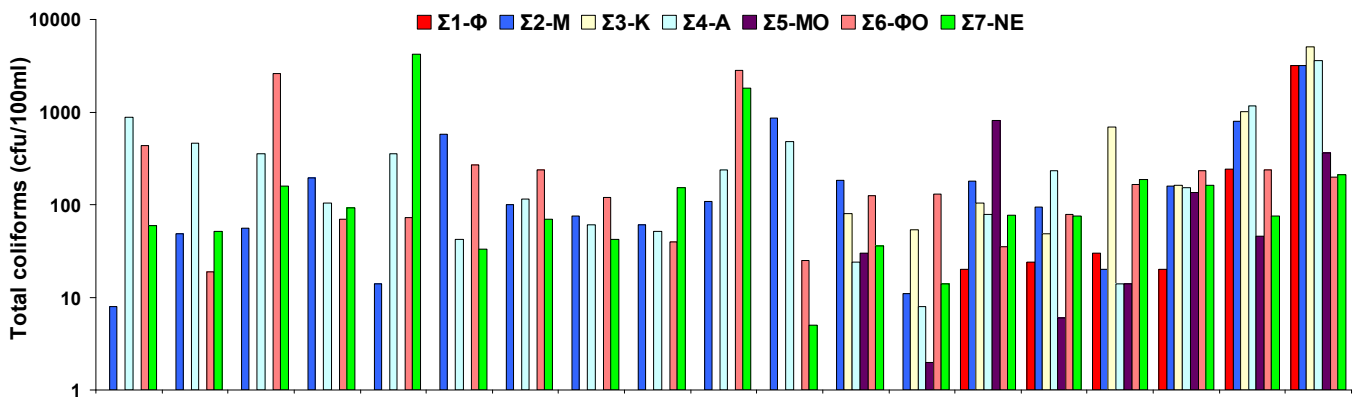


Εικ. 4. Παράκτια σημεία δειγματοληψίας θαλασσινού νερού στον Ενετικό Λιμένα Χανίων.

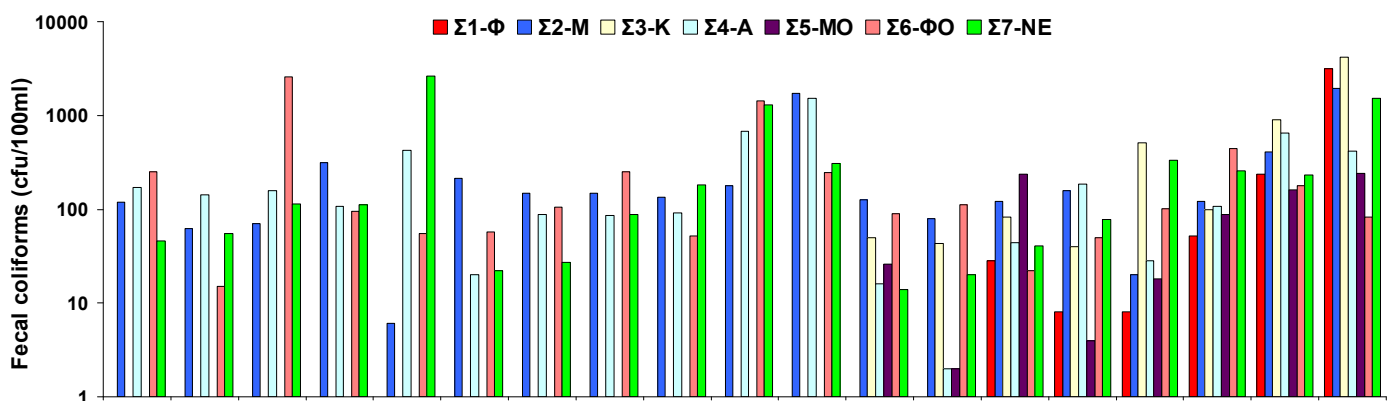
3. Αποτελέσματα – Συζήτηση

Η παρουσία του μικροβιολογικού φορτίου στην θαλάσσια περιοχή μελέτης ήταν συνεχής κατά την διάρκεια της έρευνας όπως φάνηκε από την συγκέντρωση των αποικιών όλων των μικροβιολογικών δεικτών στα δείγματα των 7 σταθμών (Εικ.4). Είναι σημαντικό ότι

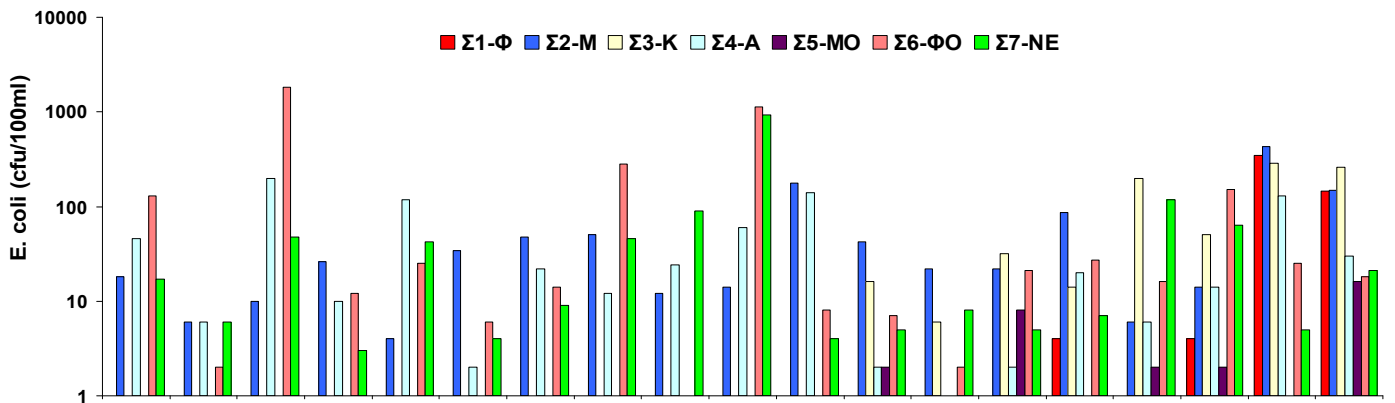
το μικροβιολογικό φορτίο εμφανίζεται ακόμη και στον σταθμό Σ1-Φ, είσοδο του Λιμένα και διάυλο κυκλοφορίας του εσωτερικού νερού με την ανοικτή θάλασσα. Οι σταθμοί Σ2-Μ, Σ3-Κ, Σ4-Α περιλαμβάνουν την παράκτια ζώνη όπου βρίσκονται χαμηλής ροής αγωγοί όμβριων υδάτων, έντονη καλοκαιρινή τουριστική δραστηριότητα αλλά και σημεία προσέγγισης τουριστικών σκαφών με αποτέλεσμα την αύξηση του μικροβιολογικού φορτίου τους καλοκαιρινούς μήνες (Σχ 9-12). 4). Η πολύ μεγάλη διακύμανση των τιμών του μικροβιολογικού φορτίου που μετρήθηκε μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας αναδεικνύει την διαφοροποίηση των πηγών ρύπανσης της περιοχής μελέτης. Οι υψηλότερες μέσες τιμές μικροβιολογικού φορτίου, καθ όλη την περίοδο μελέτης, εμφανίζονται στους σταθμούς Σ6-ΦΟ και Σ7-NE (Πίν. 2) οι οποίοι βρίσκονται ανάμεσα στις προβλήτες όπου «δένουν» τουριστικά και αλιευτικά σκάφη και όλα τα ιδιωτικά ιστιοφόρα (Εικ. 4) και δεν γειτνιάζουν με αγωγούς όμβριων υδάτων.



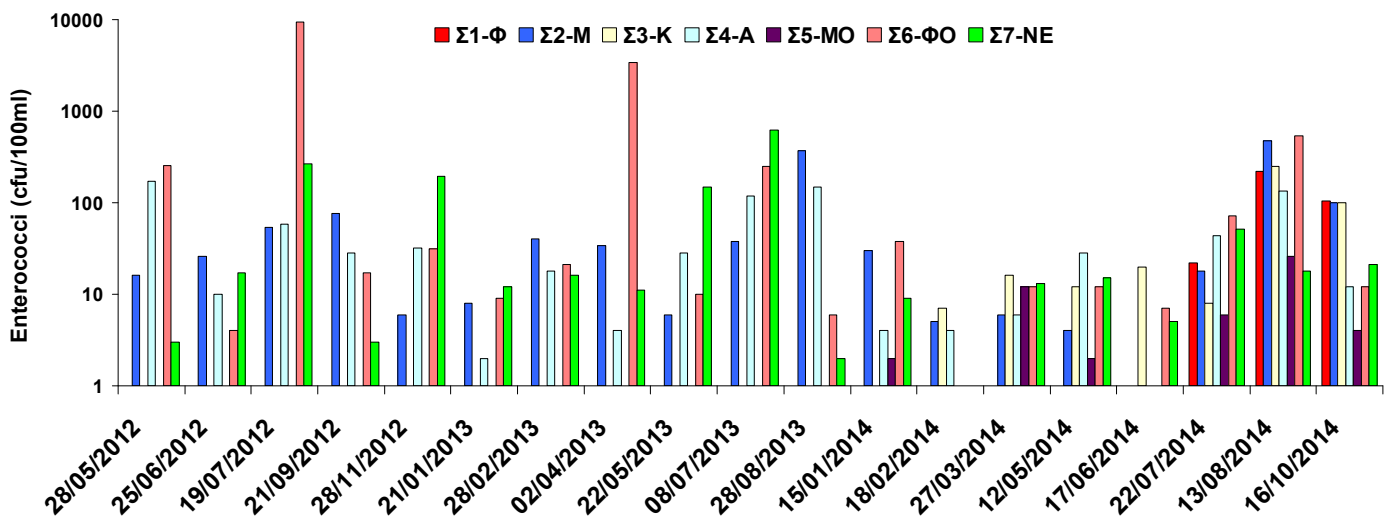
Σχήμα 9. Συγκέντρωση αποικιών ολικών κολοβακτηρίων σε δείγματα θαλασσινού νερού από τα σημεία Σ1-Φ, Σ2-Μ, Σ3-Κ, Σ4-Α, Σ5-ΜΟ, Σ6-ΦΟ, Σ7-ΝΕ στον Ενετικό Λιμένα Χανίων.



Σχήμα 10. Συγκέντρωση αποικιών κοπρανωδών κολοβακτηρίων σε δείγματα θαλασσινού νερού από τα σημεία Σ1-Φ, Σ2-Μ, Σ3-Κ, Σ4-Α, Σ5-ΜΟ, Σ6-ΦΟ, Σ7-ΝΕ στον Ενετικό Λιμένα Χανίων.



Σχήμα 11. Συγκέντρωση αποικιών *E. coli* σε δείγματα θαλασσινού νερού από τα σημεία Σ1-Φ, Σ2-M, Σ3-K, Σ4-A, Σ5-MO, Σ6-ΦΟ, Σ7-NE στον Ενετικό Λιμένα Χανίων.



Σχήμα 12. Συγκέντρωση αποικιών εντεροκόκκων σε δείγματα θαλασσινού νερού από τα σημεία Σ1-Φ, Σ2-M, Σ3-K, Σ4-A, Σ5-MO, Σ6-ΦΟ, Σ7-NE στον Ενετικό Λιμένα Χανίων.

Εκτιμώντας την διαχρονική διακύμανση του μικροβιολογικού φορτίου σε διάφορους σταθμούς δειγματοληψίας εμφανίζεται έντονη εποχικότητα εξαιτίας κυρίως της διαφοροποίησης των πηγών προέλευσης του μικροβιολογικού φορτίου (Πίν. 2). Την χειμερινή περίοδο η θαλάσσια περιοχή μελέτης δέχεται τις επιφανειακές απορροές όμβριων υδάτων μέρους της παλιάς πόλης οι οποίες συχνά μεταφέρουν αξιόλογο έως υψηλό ρυπογόνο φορτίο από την έκπλυση των δρόμων (Σταυρουλάκης et al. 2014). Οι

υψηλές συγκεντρώσεις μικροβιολογικού φορτίου όμως την καλοκαιρινή περίοδο υποδηλώνουν ότι, πέρα από τις απορροές των όμβριων που καταλήγουν στην περιοχή μελέτης, υπάρχουν και άλλες εστίες ανθρωπογενούς ρύπανσης και οι οποίες είναι ιδιαίτερα ενεργές και κατά την καλοκαιρινή περίοδο.

Πίνακας 2. Μέσοι όροι αριθμού αποικιών *E. coli* και εντεροκόκκων για κάθε σημείο δειγματοληψίας καθ όλη την περίοδο μελ Μάιος 2012 έως Οκτώβριος 2014

Σημείο δειγματοληψίας	<i>E. coli</i> (cfu/100 ml)		Εντερόκοκκοι (cfu/100 ml)	
	Μέσος όρος	Sdv	Μέσος όρος	Sdv
Σ 1-Φ	84	±142	58	±90
Σ 2-Μ	61	±161	69	±186
Σ 3-Κ	108	±123	52	±96
Σ 4-Α	44	±48	45	±50
Σ 5-ΜΟ	4	±6	7	±10
Σ 6-ΦΟ	195	±53	738	±209
Σ 7-ΝΕ	75	±46	75	±16

Ταξινομώντας, με βάση τα κριτήρια του Πίνακα 2, την ποιότητα των νερών από όλα τα σημεία δειγματοληψίας βρέθηκε ότι υπάγονται στην επαρκή ποιότητα ως προς την συγκέντρωση των αποικιών *E. coli* . Ομοίως ταξινομώντας ως προς την συγκέντρωση εντεροκόκκων βρέθηκε ότι τα νερά στους σταθμούς Σ1-Φ, Σ2-Μ, Σ3-Κ, Σ4-Α, Σ5-ΜΟ, Σ7-ΝΕ ανήκουν στην κατηγορία της επαρκούς ποιότητας. Ο σταθμός Σ6-ΦΟ εμφανίζει τις υψηλότερες μέσες τιμές μικροβιολογικών δεικτών και παράλληλα βρίσκεται πέρα από τα όρια της επαρκούς ποιότητας (74-84%) (Πίν.2 & 3).

Πίνακας 3. Μικροβιολογικοί παράμετροι και όρια για τον καθορισμό της ποιότητας νερών που προορίζονται για κολύμβηση (ΦΕΚ Β 356/26-2-2009)

Παράμετρος	Εξαιρετική ποιότητα		Καλή ποιότητα	Επαρκής ποιότητα	
E. coli (cfu/100 ml)	250	95%	500 95%	500	90%
Εντερόκοκκοι (cfu/100 ml)	100	95%	200 95%	185	90%

4. Συμπεράσματα

Η χωροχρονική μεταβολή του μικροβιολογικού φορτίου δείχνει την ανάγκη άμεσης διαχείρισης των έντονων περιβαλλοντικών πιέσεων που δέχεται η θάλασσα του Ενετικού Λιμένα, από την παράκτια ζώνη. Απαραίτητη κρίνεται η ανάπτυξη της απαραίτητης υποδομής διαχείρισης υγρών αποβλήτων σε όλες τις προβλήτες και ο έλεγχος τήρησης των ορίων της νομοθεσίας για τις επιφανειακές απορροές και τους αγωγούς όμβριων υδάτων από τα αρμόδια θεσμικά όργανα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΓΩΓΟ ΟΜΒΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

1. Εισαγωγή

Οι αγωγοί όμβριων αστικών περιοχών συνδέονται συχνά με την επιβάρυνση των παράκτιων περιοχών εκφόρτισης και την υποβάθμιση της ποιότητας των νερών κολύμβησης της περιοχής καθώς μπορούν να μεταφέρουν χημικό και βιολογικό ρυπογόνο φορτίο άγνωστης συγκέντρωσης. Οι παράγοντες που συμβάλλουν στην δημιουργία αυτού του ρυπογόνου φορτίου είναι, μεταξύ άλλων, η διάβρωση του εδάφους, τα ξεπλύματα των ακαθαρσιών των δρόμων, η συσσώρευση και το ξέπλυμα της ατμοσφαιρικής σκόνης και τα κατακρημνίσματα, με αποτέλεσμα να εντοπίζεται οργανικό φορτίο, βαρέα μέταλλα, θρεπτικά συστατικά, φυτοφάρμακα, λίπη, έλαια, υδρογονάνθρακες και βακτήρια. Όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο, αυτό αποτελεί σημαντικό ρύπο των αστικών απορροών καθώς συχνά συναντάται αρκετά μεγάλος αριθμός αποικιών παθογόνων μικροοργανισμών, μεταξύ των οποίων είναι και τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια, E.coli και εντερόκοκκος. Η παρουσία μικροβιολογικού φορτίου στις αστικές απορροές, τις καθιστά εξαιρετικά επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία, αφού έχει αναφερθεί ότι ορισμένες φορές η συγκέντρωσή των μικροβιακών αποικιών μπορεί να φτάσει εκείνη των αποικιών που περιέχονται σε αραιωμένα ακατέργαστα απόβλητα .

Η παρούσα μελέτη είχε σκοπό την εκτίμηση του ρυπογόνου φορτίου που μπορεί να μεταφερθεί μέσω του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων στο σημείο εκφόρτισης του στην θαλάσσια περιοχή του Κουμ Καπί και του βαθμού επιβάρυνσης των νερών κολύμβησης στην περιοχή γύρω από το σημείο εκφόρτισης. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν την διάχυση του μικροβιολογικού φορτίου καθώς βρέθηκε να έχει συνεχή παρουσία και υψηλή συγκέντρωση στα δείγματα που συγκεντρώθηκαν από την περιοχή μελέτης και ευνοεί την μελέτη του βαθμού μείωσης του ρυπογόνου φορτίου ανάλογα με την απόσταση από το σημείο εκφόρτισης.

2. Υλικά και Μέθοδοι

Η θαλάσσια περιοχή του κόλπου Κουμ Καπί βρίσκεται στο δυτικό άκρο της παλιάς πόλης των Χανίων και αποτελεί ανέκαθεν σημείο κολύμβησης για τους κατοίκους της περιοχής αλλά και τους επισκέπτες (Εικόνα 5 σημεία 2,3). Η διάβρωση της ακτής από τον συχνά έντονο κυματισμό αλλάζει την μορφή της παραλίας και δεν επιτρέπει την διατήρηση αμμόδους τμήματος σε όλο το μήκος της παραλίας παρά μόνο στο κεντρικό

σημείο του κόλπου και σε απόσταση 500 μ περίπου νοτιότερα από το σημείο εκροής του αγωγού όμβριων (Εικόνα 5 σημείο 3). Η περιοχή έχει ανοικτό μέτωπο με τον κόλπο των Χανίων χωρίς εμπόδια ή έργα προστασίας από την μανία των κυμάτων.

Ο αγωγός όμβριων υδάτων που εκβάλλει στην θαλάσσια περιοχή του Κουμ Καπί συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο όγκο των αστικών απορροών της πόλης των Χανίων (Εικόνα 5 σημείο 1). Ο συνολικός όγκος των όμβριων υδάτων που μεταφέρονται ετησίως μέσω του συγκεκριμένου αγωγού υπολογίζονται, κατά μέσο όρο, στα $350 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ με κατανομή που εξαρτάται άμεσα από το ετήσιο ύψος βροχής και την ένταση των καιρικών φαινομένων. Επιπλέον, μεγάλο μέρος της ξηρής περιόδου, εκτιμάται ότι απορρέουν περίπου 60 m^3 ημερησίως, συχνά ιδιαίτερα υψηλού, ρυπογόνου φορτίου.

Την περίοδο μελέτης, Φεβρουάριος 2012 - Μάιος 2014, πραγματοποιήθηκαν 18 δειγματοληψίες νερού στο σημείο εκφόρτισης του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων στην παραλία Κουμ-Καπί καθώς και σε σημεία της θαλάσσιας περιοχής σε συγκεκριμένες αποστάσεις από το σημείο εκροής του αγωγού (Εικόνα 5 σημείο 1). Αρχικά έγιναν δειγματοληψίες σε απόσταση 5 μ, 15 και 30μ από την έξοδο του αγωγού καθώς και 30μ δεξιά και αριστερά κάθε σημείου, ώστε να προσδιοριστεί η απόσταση στην οποία η αραιώση θα φτάνει πάνω από 90% του αρχικού φορτίου της εκροής. Επιλέχθηκε η απόσταση των 5 μ από τον αγωγό όμβριων και έγιναν οι δειγματοληψίες. Οι καιρικές συνθήκες σε όλες τις δειγματοληψίες ήταν ήπιες με ύψος κύματος $< 0,5 \text{ μ}$ και ένταση ανέμου 1-2Beaufort.



Εικόνα 5. Η παραλία Κουμ Καπί. Η εκροή του αγωγού βρίσκεται στο σημείο 1. Τα σημεία κολύμβησης των κατοίκων της περιοχής είναι τα σημεία 2 και 3. Μπροστά από την εκροή του αγωγού (σημείο 1) φαίνεται το πλέγμα των σημείων δειγματοληψίας στα 5μ, 15μ, 30μ.

Τα δείγματα νερού μεταφερόταν με φορητό ψυγείο (4°C) στο Εργαστήριο για τον προσδιορισμό του μικροβιολογικού φορτίου (ΑΡΗΑ, 1998). Οι μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν με την μέθοδο της διήθησης νερού σε αποστειρωμένα φίλτρα κυτταρίνης 47mm/0.45por (Gelman GN 66191) και την επώαση τους σε κατάλληλα υποστρώματα (IDG, 2002). Για ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab M 82), για *E. coli* υπόστρωμα Harlequin TBGA (HAL 003) και για εντερόκοκκο Slanetz & Bartle Medium (LAB 166). Τα τρυβλία τοποθετήθηκαν σε θαλάμους επώασης 37°C ή 44°C αντίστοιχα για 24 ή 48. Μετά τον κατάλληλο χρόνο επώασης έγινε καταμέτρηση των αποικιών ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηρίων, *E.coli* και εντεροκόκκων. Για να είναι εφικτή η καταμέτρηση των αποικιών στα δείγματα από την εκροή του αγωγού απαιτήθηκε αραιώση του δείγματος μέχρι και 1:1000.

3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

Προκειμένου να προσδιοριστούν τα σημεία δειγματοληψίας στην θαλάσσια περιοχή εκροής του αγωγού έγιναν σειρές αναλύσεων δειγμάτων από διάφορες οριζόντιες και κάθετες αποστάσεις από την εκροή όπως προσδιορίζεται από το πλέγμα των γραμμών στην Εικόνα5.

Η ανάλυση των δειγμάτων νερού από απόσταση 5 (βάθος 0,7μ), 15 (βάθος 1,0μ), και 30μ (βάθος 1,5μ), από την έξοδο του αγωγού (Πίνακας 4) έδειξε την μείωση των τιμών των μικροβιολογικών δεικτών κατά 98-99,5% σε απόσταση μεγαλύτερη των 5 μ. Με βάση αυτό το ποσοστό μείωσης επιλέχθηκε η απόσταση των 5 μ από την οποία λήφθηκαν δείγματα νερού καθ όλη την διάρκεια του έτους περιλαμβάνοντας υγρή και ξηρή περίοδο.

Πίνακας 4. Μείωση του μικροβιολογικού φορτίου ανάλογα με την απόσταση από τον αγωγό όμβριων στην θαλάσσια περιοχή Κουμ Καπί

	Ολικά κολοβακτήρια	Κοπρανώδη κολοβακτήρια	<i>E.coli</i>	Εντερόκοκκοι
30 μ από εκροή αγωγού & 30 μ δεξιά	5	3	0	2
15 μ από εκροή αγωγού & 30 μ δεξιά	9	9	1	2
30 μ από εκροή αγωγού	7	2	1	2
15 μ από εκροή αγωγού	4	4	3	2
5 μ από εκροή αγωγού	204	678	52	144
Εκροή αγωγού	49.000	67.000	25.000	28.000
15 μ από εκροή αγωγού & 30 μ αριστερά	12	8	2	8
30 μ από εκροή αγωγού & 30 μ αριστερά	10	6	2	6

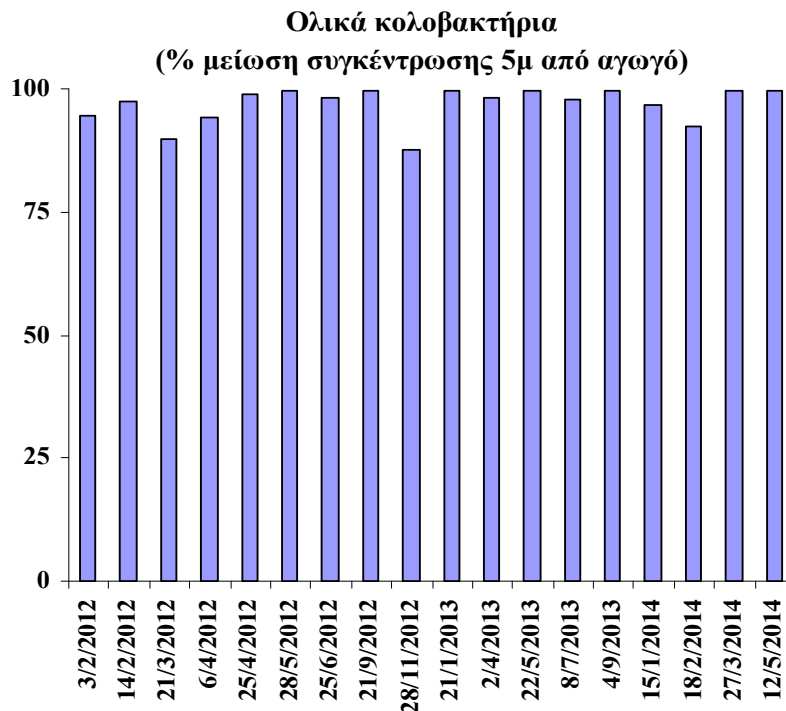
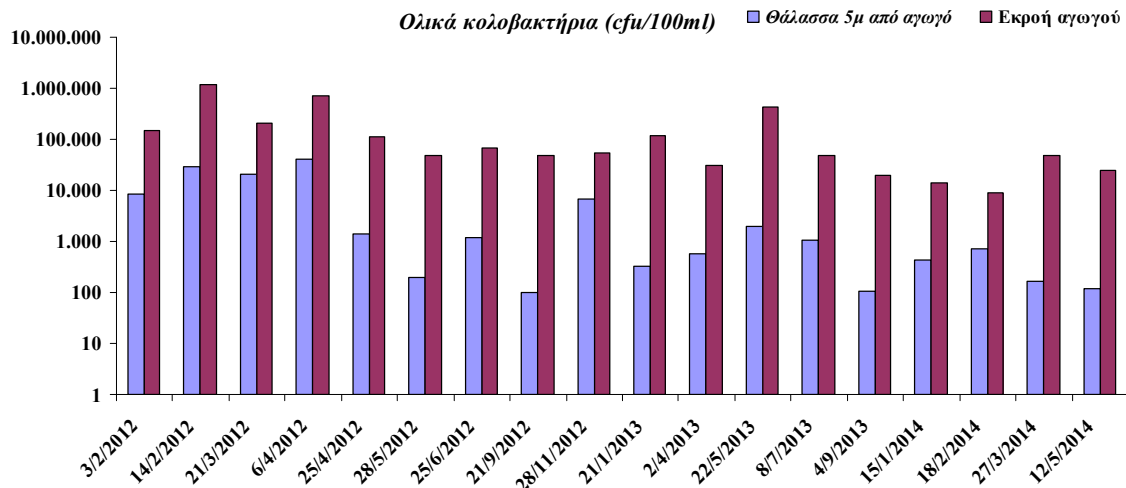
Τα αποτελέσματα των αναλύσεων στα δείγματα του αγωγού όμβριων υδάτων έδειξαν την υψηλή συγκέντρωση όλων των μικροβιολογικών δεικτών κατά την 3ετία υλοποίησης της έρευνας. Η συγκέντρωση αποικιών για τα ολικά κολοβακτήρια κυμάνθηκε μεταξύ 9.000 – 1.200.000 cfu/100ml (Σχ 13) ενώ για τα κοπρανώδη κολοβακτήρια ήταν μεταξύ 11.000 - 630.000 cfu/100ml (Σχ 14). Ανάλογα υψηλή ήταν και η συγκέντρωση αποικιών *E. coli* 4.000 – 460.000 cfu/100ml (Σχ 15) και εντεροκόκκου 450 – 217.000 cfu/100ml (Σχ 16). Το γεγονός ότι οι τιμές των δεικτών είναι ιδιαίτερα υψηλές, σε συνδυασμό με την συνεχή παρουσία του μικροβιολογικού φορτίου τόσο την υγρή όσο και την ξηρή περίοδο του έτους, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι δεν είναι μόνο οι συνήθεις ρυπογόνες αιτίες όπως οι απορροές των δρόμων και η έκπλυση των ζωικών ακαθαρσιών που δημιουργούν αυτό το αποτέλεσμα. Αναμένεται ότι υπάρχουν σημειακές εκφορτίσεις ρυπογόνου φορτίου είτε ατυχήματα λόγω βλαβών του κεντρικού δικτύου αστικών λυμάτων όπως συνέβη σε δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε σε διάφορα σημεία του αγωγού κατά μήκος της πόλης.

Η αραίωση του ρυπογόνου φορτίου στην παράκτια περιοχή και σε απόσταση 5 μ από την έξοδο του αγωγού παρότι κυμάνθηκε μεταξύ 90% και 97% ανάλογα με τον μικροβιολογικό δείκτη (Σχήματα 13-16), παραμένει όμως υψηλό για τα κριτήρια που αφορούν την ποιότητα των νερών κολύμβησης. Οι συγκεντρώσεις αποικιών ολικών και κοπρανώδων κολοβακτηρίων κυμάνθηκαν από 100 cfu/100ml έως 39.800 cfu/100ml και 72 cfu/100ml έως 32.600 cfu/100ml αντίστοιχα. Υψηλές επίσης ήταν οι συγκεντρώσεις αποικιών *E. coli* που κυμάνθηκαν από 12 cfu/100ml έως 30.00 cfu/100ml όπως και εντεροκόκκου που κυμάνθηκαν από 8 cfu/100ml έως 12.000 cfu/100ml. Λαμβάνοντας υπόψη τα ισχύοντα όρια των μικροβιολογικών δεικτών για τα νερά κολύμβησης (πχ εντερόκοκκος <100 cfu/100ml), οι τιμές που μετρήθηκαν αποτρέπουν κάθε τέτοια χρήση στην περιοχή του σημείου δειγματοληψίας. Η διάχυση όμως του ρυπογόνου φορτίου και η αραίωση του στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή ελαχιστοποιεί την συγκέντρωση των μικροβιολογικών δεικτών σε απόσταση μεγαλύτερη των 30 μ (Πίνακας 4). Η διάχυση αυτή του ρυπογόνου φορτίου είναι ιδιαίτερα σημαντική προς την αριστερή πλευρά (Εικόνα 5 σημείο 2) που χρησιμοποιείται και ως παραλία κολύμβησης από τους κατοίκους της περιοχής ενώ δεν φάνηκε να επηρεάζει την παραλία δεξιά του αγωγού η οποία απέχει 500 μ περίπου (Εικόνα 5 σημείο 3).

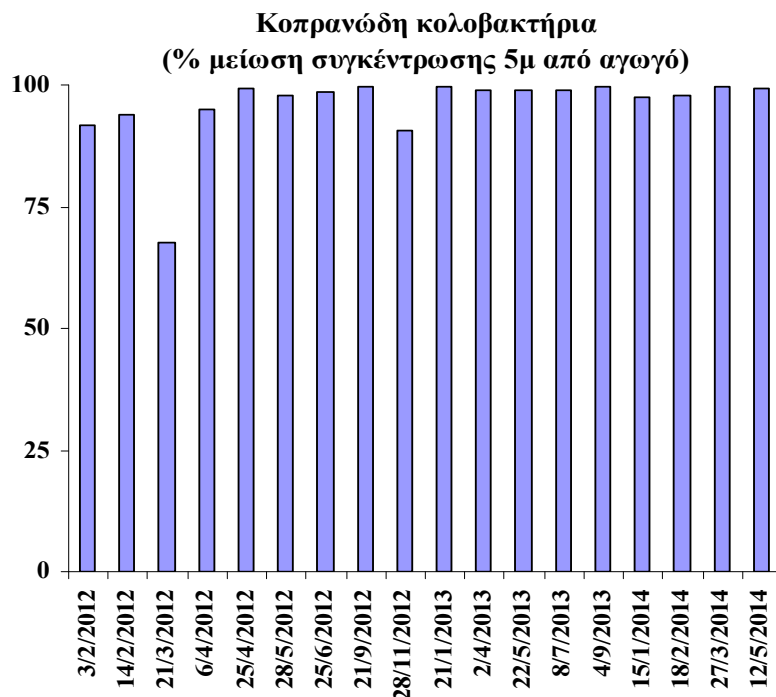
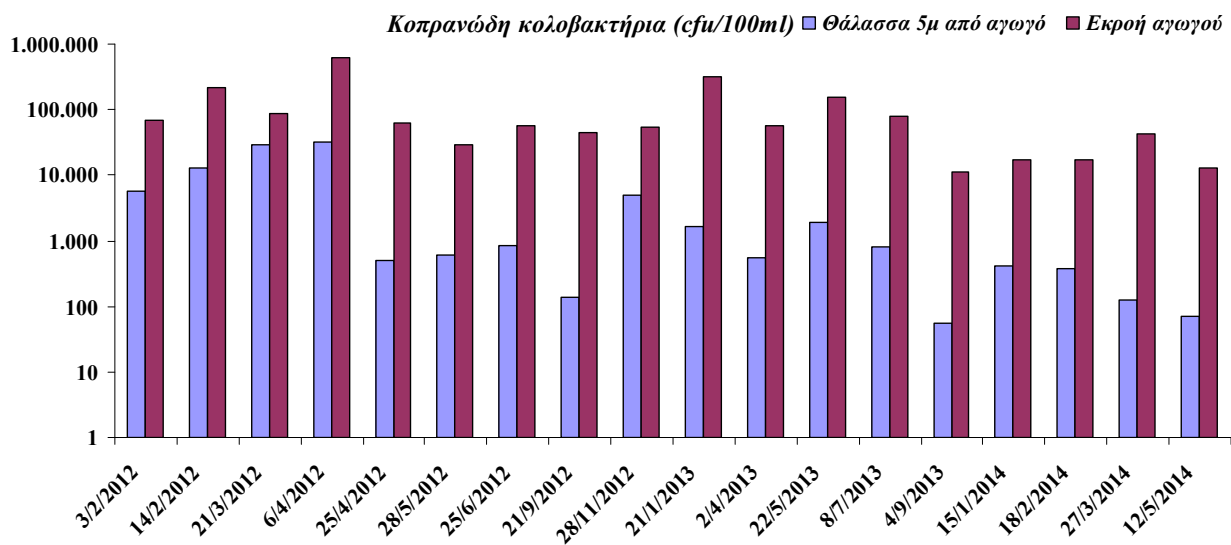
Όπως φαίνεται στα αποτελέσματα του Πίνακα 4 το μικροβιολογικό φορτίο αριστερά και δεξιά του αγωγού σε βάθος 1,5 μ και σε απόσταση 30 μ είναι ελάχιστο και εντός των κριτηρίων ποιότητας των νερών κολύμβησης.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε διάστημα 3 ετών δημιουργούν ασφαλή χρονοσειρά δεδομένων που περιγράφουν το πρόβλημα της επιβάρυνσης των παράκτιων υδάτων από τους αγωγούς όμβριων υδάτων. Η εφαρμογή των δεδομένων που θα συγκεντρωθούν, μετά την ολοκλήρωση της μελέτης, σε μαθηματικό μοντέλο κίνησης του ρυπαντικού φορτίου θα επιτρέπει την δημιουργία

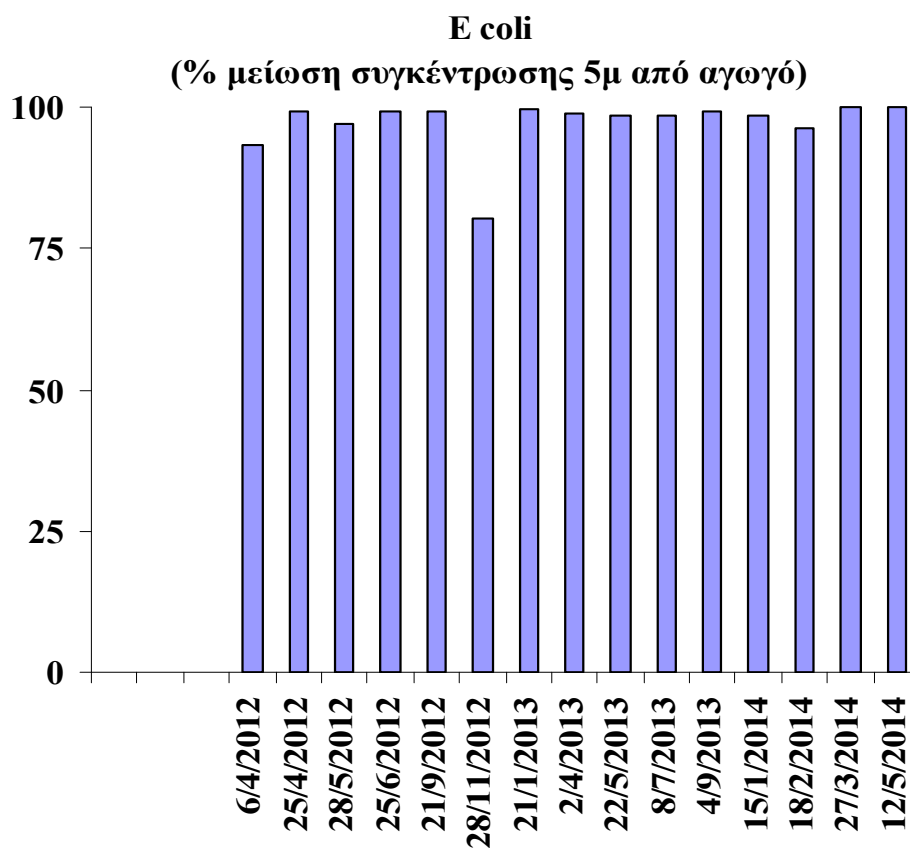
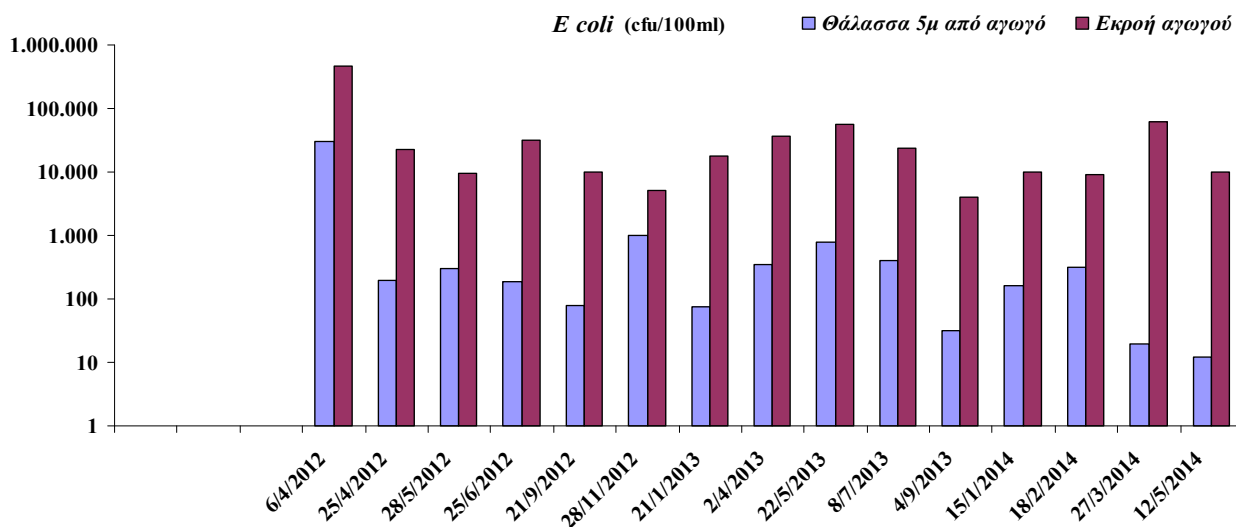
σεναρίων διαχείρισης έκτακτων καταστάσεων ρύπανσης. Όμως παραμένει απολύτως αναγκαία η συστηματική παρακολούθηση των δικτύων για τον έγκαιρο εντοπισμό και την επισκευή διαρροών που αποτελούν πηγή ρυπογόνου φορτίου που οδεύεται εύκολα μέσω των αγωγών όμβριων υδάτων προς την παράκτια ζώνη.



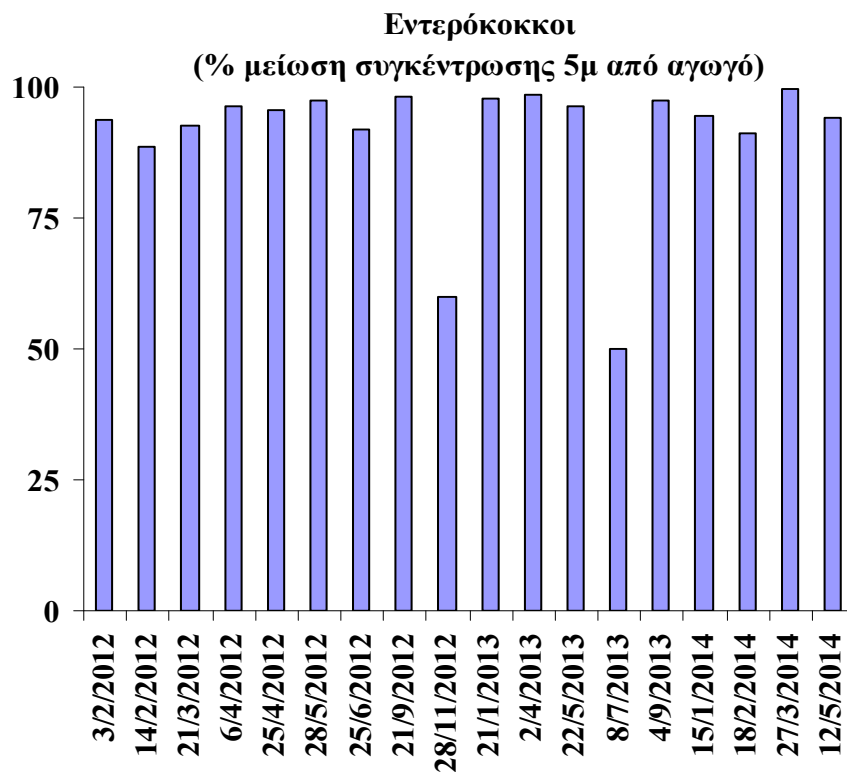
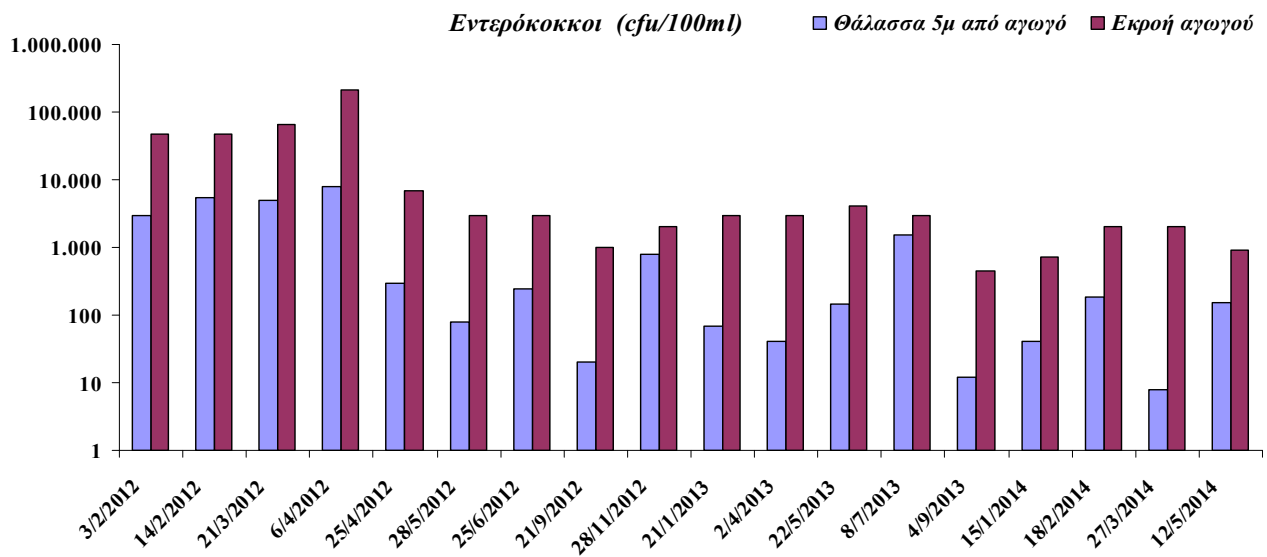
Σχήμα 13. Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηριδίων στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων και στην θάλασσα σε απόσταση 5 μ από τον αγωγό την περίοδο Φεβρουάριος 2012-Μάιος 2014.



Σχήμα 14. Μεταβολή της συγκέντρωσης κοπρανωδών κολοβακτηριδίων στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων και στην θάλασσα σε απόσταση 5 μ από τον αγωγό την περίοδο Φεβρουάριος 2012-Μάιος 2014.



Σχήμα 15. Μεταβολή της συγκέντρωσης *E. coli* στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων και στην θάλασσα σε απόσταση 5 μ από τον αγωγό την περίοδο Φεβρουάριος 2012-Μάιος 2014.



Σχήμα 16. Μεταβολή της συγκέντρωσης εντεροκόκκων στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων και στην θάλασσα σε απόσταση 5 μ από τον αγωγό την περίοδο Φεβρουάριος 2012-Μάιος 2014.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gromaire-Mertz M.C., S. Garnaud, A. Gonzalez, G. Chebbo, 1999, *Characterisation of Urban Runoff Pollution in Paris*, Water Science and Technology, 39(2) :1-8
2. Ouyang Wei, Bobo Guo, Fanghua Hao, Haobo Huang, Junqi Li, Yongwei Gong, 2012, *Modeling urban storm rainfall runoff from diverse underlying surfaces and application for control design in Beijing*, Journal of Environmental Management, 113:467-473
3. Appel Patrick L., Paul F. Hudak, 2001, *Automated Sampling of Stormwater Runoff in an Urban Watershed, North-Central Texas*, Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 36(6):897-907
4. Li-Qing LI, YIN Cheng-qing, HE Qing-ci, KONG Ling-li, 2007, *First flush of storm runoff pollution from an urban catchment in China*, Journal of Environmental Sciences, 19 :295–299
5. Nazahiyah R., Z. Yusop, I. Abustan, 2007, *Stormwater quality and pollution loading from an urban residential catchment in Johor, Malaysia*, Water Science and Technology, 56(7) :1-9
6. Zhao Jian-wei, Shan Bao-qing, Yin Cheng-qing, 2007, *Pollutant loads of surface runoff in Wuhan City Zoo, an urban tourist area*, Journal of Environmental Sciences, 19 : 464-468
7. Qureshi A. A., Dutka B.J., 1979, *Microbiological Studies on the Quality of Urban Stormwater Runoff in Southern Ontario, Canada*, Water Research, 13 : 977-985
8. Sauve Sebastien, Khadija Aboulfadl, Sarah Dorner, Pierre Payment, Guy Deschamps, Michele Prevost, 2012, *Fecal coliforms, caffeine and carbamazepine in stormwater collection systems in a large urban area*, Chemosphere, 86 :118–123
9. Sidhu J.P.S., L. Hodgers, W. Ahmed, M.N. Chong, S. Toze, 2012, *Prevalence of human pathogens and indicators in stormwater runoff in Brisbane, Australia*, Water Research XXX, pp. 1-9
10. Kayhanian M., C. Suverkropp, A. Ruby, K. Tsay, 2007, *Characterization and prediction of highway runoff constituent event mean concentration*, Journal of Environmental Management 85 :279–295
11. Ballo Siaka, Min Liu, Lijun Hou, Jing Chang, 2009, *Pollutants in stormwater runoff in Shanghai (China): Implications for management of urban runoff pollution*, Progress in Natural Science, 19: 873–880
12. Legret M., C. Pagotto, 1999, *Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway*, The Science of the Total Environment, 235: 143-150
13. APHA, (1998). *Standard methods: for the examination of water and wastewater*. Published jointly by: APHA, AWWA, WEF, 20th Edition, Washington DC.
14. Stavroulakis G, Kirikou St., Barbouni M. and Panagiotakis G. 2007. Seasonal water quality variation of the lake Kournas, Greece. Proc “First International Conference on “Environmental Management, Engineering, Planning and Economics” (CEMEPE) Skiathos , Greece 2007, pp. 985-989.

15. Bay, S., Jones, B.H., Schiff, K. and Washburn, L., 2003. Water quality impacts of stormwater discharges to Santa Monica Bay. *Marine Environment Research*, 56 (1-2): 205-223
16. Scopel, C.O., Harris, J. and McLellan, S.L., 2006. Influence of nearshore water dynamics and pollution sources on beach monitoring outcomes at two adjacent Lake Michigan beaches. *Journal of Great Lakes Research*, 32 (3): 543–552.
17. Dwight, R.H., Semenza, J.C., Baker, D.B. and Olson, B.H., 2002. Association of urban runoff with coastal water quality in Orange County, California. *Water Environment Research*, 74 (1):82-90
18. Mestres M., Joan Pau Sierra, Agustín Sánchez-Arcilla, 2007, Baroclinic and wind-induced circulation in Tarragona harbour (northeastern Spain), *Scientia Marina*, 71(2): 223-238
19. Grifoll M., Gabriel Jordà, Manuel Espino, Javier Romo, Marcos García-Sotillo, 2011, A management system for accidental water pollution risk in a harbour: The Barcelona case study, *Journal of Marine Systems*, 88: 60–73
20. Grifoll M, Gabriel Jordà, Angel Borja, Manuel Espino, 2010, A new risk assessment method for water quality degradation in harbour domains, using hydrodynamic models, *Marine Pollution Bulletin*, 60: 69–78
21. Covazzi Harriague Anabella, Cristina Misic, Mario Petrillo, Giancarlo Albertelli, 2007, Stressors affecting the macrobenthic community in Rapallo Harbour (Ligurian Sea, Italy), *Scientia Marina*, 71(4):705-714
22. Sylaios G, N Stamatis, A Kallianiotis, P Vidoris, 2005, Monitoring Water Quality and Assessment of Land-Based Nutrient Loadings and Cycling in Kavala Gulf, *Water Resources Management*, 19(6):713-735
23. Καπίρης Κ., Χρηστίδης Γ., Μαντζαβράκος Η., Ρεϊζοπούλου Σ. 2012. Περιβαλλοντική επισκόπηση του όρμου και λιμνοθάλασσας Βιβαρίου (Αργολικός Κόλπος). Πρακτ. 10ου Πανελ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας, σελ. 66.
24. Ruggieri. N., Castellano M., Capello M. Maggi, S. Povero P. 2011. Seasonal and spatial variability of water quality parameters in the Port of Genoa, Italy, from 2000 to 2007. *Marine Pollution Bulletin* 62 340–349.
25. Σταυρουλάκης Γ., Μπαμπάλα Αγγ. και Μήνου Α.. 2015. Χωρική και χρονική κατανομή του μικροβιολογικού φορτίου του θαλασσινού νερού του ενετικού λιμένα Χανίων. Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας. 13-17 Μαΐου 2015. Μυτιλήνη.
26. Σταυρουλάκης Γ., Κύρκου Αμ., Μπαμπάλα Αγγ.. 2014. Επιβάρυνση παράκτιων υδάτων από τον αγωγό όμβριων της πόλης των Χανίων. Πρακτικά 1ου Διεθνούς Συνεδρίου Εφαρμοσμένης Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος – HydroMedit. 13-15 Νοεμβρίου 2014. Βόλος.
27. Σταυρουλάκης Γ., Αμ. Κύρκου και Αγγ. Μπαμπάλα. 2014. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού Ενετικού λιμένα Χανίων. Πρακτικά 5ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη 14-16 Μαρτίου 2014.
28. Σταυρουλάκης Γ., Αγγ. Μπαμπάλα και Αμ. Κύρκου. 2014. Εκτίμηση ρυπαντικού φορτίου απορροής αγωγού όμβριων στην πόλη των Χανίων. Πρακτικά 5ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη 14-16 Μαρτίου 2014.
29. ΦΕΚ Β 356/26-2-2009. Υπουργική Απόφαση «Ποιότητα και μέτρα διαχείρισης των υδάτων κολύμβησης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/7/ΕΚ»

30. Bedan Erik S., John C. Clausen. (2009) Stormwater Runoff Quality and Quantity from Traditional and Low Impact Development Watersheds, *Journal of the American Water Resources Association* 45, (4)998-1008.
31. Gnecco I., C. Berretta, L.G. Lanza, P. La Barbera, 2005, Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy, *Atmospheric Research* 77, 60– 73.
32. Hueiwang A.C.J., A.J. Englande, R. M. Bakeer, H.B.Bradford. (2005). Impact of urban stormwater runoff on estuarine environmental quality. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 63, 513-526.
33. IDG. (2002). *The Microbiology Manual LAB M*. pp 98.
34. Parker J.K., D. McIntyre, R.T. Noble. (2010) Characterizing fecal contamination in stormwater runoff in coastal North Carolina, USA. *Water Research* 44,4186-4194.