



ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

*Ρύπανση των υδάτινων σωμάτων από τις απορροές
αυτοκινητόδρομων: η περίπτωση του οδικού δικτύου της Κύπρου*

Λάμπης Ηλία Α.

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Αντώνης Ζορπάς

Νοέμβριος, 2013

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

*Ρύπανση των υδάτινων σωμάτων από τις απορροές αυτοκινητόδρομων:
η περίπτωση του οδικού δικτύου της Κύπρου*

Λάμπης Ηλία Α.

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Αντώνης Ζορπάς

Νοέμβριος, 2013

Αφιερωμένο στους μακαριστούς και
πολυαγαπημένους μου γονείς...

Ευχαριστίες

Με την αποπεράτωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες, προς όσους με βοήθησαν για την υλοποίηση της.

Θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην διεύθυνση και τους συνεργάτες του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου και ειδικότερα, στον επιβλέπων υπεύθυνο καθηγητή μου κ. Αντώνη Ζορμπά, για τη συνεχή του στήριξη και βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο του μεταπτυχιακού προγράμματος «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» της Σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών, κ. Γιάννη Βογιατζάκη, για το εξαιρετο μεταπτυχιακό πρόγραμμα που έχει διαμορφώσει και τις γνώσεις που μας έχει προσφέρει σ' αυτό.

Ευχαριστώ θερμά την διεύθυνση της ΑΗΚ που μου παραχώρησε την άδεια για την διενέργεια των χημικών προσδιορισμών στους χώρους του εργαστηρίου του Ηλεκτροπαραγωγού σταθμού Βασιλικού καθώς επίσης και το χημικό-микροβιολογικό εργαστήριο Pankemi Lab για την επιστημονική, υλική και ηθική στήριξη του.

Ακόμη, θέλω να ευχαριστήσω τη σύζυγο μου Μαρία και τα δύο μου παιδιά Ανδρέα και Αικατερίνα, καθώς και τα πεθερικά μου που με αρκετή υπομονή βοήθησαν ο καθένας με το δικό του τρόπο στη συγγραφή αυτής της διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τους γονείς μου που με βοήθησαν στα πρώτα μου βήματα και Τον Θεό που με αξίωσε να φτάσω μέχρι εδώ που έχω φτάσει.

Σας ευχαριστώ πολύ.

Λάμπης Ηλία
Λευκωσία, Οκτώβριος 2013

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	ii
Πίνακας περιεχομένων	iii
Ελληνική περίληψη	vi
Αγγλική περίληψη	vii
Λέξεις Κλειδιά - Keywords	viii
Κεφάλαιο Πρώτο - Εισαγωγή.....	1
1.1 Θέμα μελέτης.....	1
1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της παρούσας μελέτης.....	1
1.3 Σκοπός και στόχοι	2
1.4 Διασαφηνίσεις – προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών	3
Κεφάλαιο Δεύτερο - Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	5
2.1 Εισαγωγή	5
2.2 Κατηγορίες ρύπων στους αυτοκινητόδρομους και προέλευση τους.....	6
2.3 Συνήθεις τρόποι δειγματοληψίας	10
2.4 Επιπτώσεις ρύπων.....	11
2.4.1 Κοινωνικές Επιπτώσεις.....	11
2.4.2 Οικονομικές Επιπτώσεις.....	12
2.4.3 Επιπτώσεις στο περιβάλλον (και τον άνθρωπο)	12
2.5 Επιβάρυνση των υδάτινων μαζών	19
2.6 Μέτρα μείωσης του προβλήματος.....	20
2.7 Διεθνής πραγματικότητα	21

2.8 Η περίπτωση της Κύπρου	22
2.9 Σύνοψη.....	33
Κεφάλαιο Τρίτο - Μεθοδολογία	34
3.1 Ερευνητικά ερωτήματα	34
3.2 Συλλογή δειγμάτων	36
3.3 Οργάνωση και Ετοιμασία δειγμάτων	37
3.4 Παράμετροι ελέγχου	38
3.5 Εργαστηριακός Εξοπλισμός & Έλεγχος Ποιότητας.....	39
3.6 Στατιστική επεξεργασία.....	42
Κεφάλαιο Τέταρτο - Αποτελέσματα	44
4.1 Έννοιες και θέματα.....	44
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	44
4.2.1 Αποτελέσματα για διερεύνηση της 1 ^{ης} μηδενικής υπόθεσης.....	44
4.2.2 Αποτελέσματα για διερεύνηση της 2 ^{ης} και 3 ^{ης} μηδενικής υπόθεσης.....	46
4.2.3 Αποτελέσματα για διερεύνηση της 4 ^{ης} μηδενικής υπόθεσης.....	54
4.2.4 Αποτελέσματα για διερεύνηση της 5 ^{ης} μηδενικής υπόθεσης.....	57
4.2.5 Αποτελέσματα για διερεύνηση ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ παραμέτρων	61
Κεφάλαιο Πέμπτο - Συζήτηση & Συμπεράσματα	64
5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων.....	64
5.2.1 Συζήτηση για την 1 ^η μηδενική υπόθεση	64
5.2.2 Συζήτηση για τη 2 ^η και 3 ^η μηδενική υπόθεση	69
5.2.3 Συζήτηση για την 4 ^η μηδενική υπόθεση	72
5.2.4 Συζήτηση για την 5 ^η μηδενική υπόθεση	73
5.2.5 Συζήτηση για τα αποτελέσματα συσχέτισεων	74
5.2 Περιορισμοί και δυσκολίες της μελέτης.....	75

Κεφάλαιο έκτο - Εισηγήσεις.....	78
6.1 Εισηγήσεις.....	78
6.2 Μελλοντικό έργο	78
6.3 Συμπερασματικά.....	79
Κεφάλαιο έβδομο - Βιβλιογραφία	81
Παράρτημα.....	93
A.1 Κατάσταση ακρωνυμίων, συμβολισμών.	93
A.2 Χάρτες	95
A.3 Διαγράμματα ρύπων ανά χρόνο δειγματοληψίας	100
A.4 Φωτογραφίες.....	110
A.5 Πρωτογενή δεδομένα (αποτελέσματα).....	116

Περίληψη

Εισαγωγή

Οι απορροές των όμβριων υδάτων από το οδικό δίκτυο μιας περιοχής μπορεί να προκαλέσει επιβάρυνση στους υδάτινους αποδέκτες που καταλήγουν (επιφανειακά ή υπόγεια νερά). Η επιβάρυνση είναι εντονότερη στις περιπτώσεις που οι υδάτινοι αποδέκτες είναι οικολογικά ευαίσθητες περιοχές, όπως είναι οι αλμιυρές λίμνες της Λάρνακας, οι οποίες είναι προστατευμένος υδροβιότοπος.

Σκοπός

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι να μελετηθεί κατά πόσο το οδικό δίκτυο της Κύπρου προκαλεί επιμόλυνση των όμβριων υδάτων και κατ' επέκταση των υδάτινων αποδεκτών τους (επιφανειακά και υπόγεια νερά). Οι κυριότεροι ρύποι που εντοπίζονται είναι διάφορα βαρέα μέταλλα και οργανικοί ρύποι που εκπέμπονται από τη χρήση των οχημάτων. Οι συγκεντρώσεις τους εξαρτώνται από τον συνολικό αριθμό και το είδος των διακινούμενων οχημάτων, το χρόνο μεταξύ βροχοπτώσεων, την ένταση της βροχής και τη χρήση της γης στη περιοχή.

Μεθοδολογία

Για τη διερεύνηση της πιθανής επιμόλυνσης των όμβριων υδάτων, έγιναν δειγματοληψίες νερών κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων. Σ' αυτά έγιναν προσδιορισμοί διαφόρων παραμέτρων-ρύπων. Συνολικά συλλέχθηκαν 52 δείγματα από δύο σημεία, που βρίσκονται κοντά σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές. Η συλλογή γινόταν σε πέντε διαφορετικούς χρόνους κάθε φορά.

Αποτελέσματα

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι πράγματι τα όμβρια ύδατα είναι επιβαρημένα με ρύπους οι οποίοι έχουν συγκεντρώσεις σε διάφορα επίπεδα. Η συγκέντρωση των ρύπων μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου ανά ημέρα. Η ένταση της βροχής αυξάνει τους ρύπους που μεταφέρονται μηχανικά και μειώνει άλλους (αραίωση).

Συμπεράσματα

Η συγκέντρωση των ρύπων όπως μετρήθηκε είναι τέτοια, που λόγω της μεγάλης έκτασης του οδικού δικτύου της Κύπρου και σε συνδυασμό της προσθετικής δράσης των ρύπων, βγαίνει το συμπέρασμα ότι πρέπει να προστατευτούν οι υδάτινοι αποδέκτες. Απαιτείται να γίνεται διαχείριση των όμβριων υδάτων.

Summary

Introduction

The road rainwater runoff can cause burden on water bodies (surface water or groundwater) that ends. The effects are more intensive in cases where the receiving water bodies are in ecologically sensitive areas, such as salt lakes of Larnaca, which are protected wetlands.

Aim

The aim of the thesis is to study whether the roads of Cyprus causing contamination of rainwater runoffs and due to that a contamination of surface waters or groundwaters. The main pollutants are identified as various heavy metals and organic pollutants emitted from vehicle use. Their concentrations depend on the total number and type of road vehicles, time between rainfalls, rainfall intensity and land use in the area.

Methodology

To investigate the possible contamination of rainwater, water samples were taken during precipitation. In these samples was measured various number of parameters - pollutants. A total of 52 samples were collected from two locations, located near ecologically sensitive areas. The collection was made at five different times in each case.

Results

The results showed that road runoff-rainwater is polluted with contaminants that have concentrations at various levels. The pollutant concentration decreases with time per day. The intensity of rain increases mechanically transported pollutants and reduces others (due to dilution).

Conclusions

As measured, the concentration of pollutants are in such level, that due to the large extent of the road network in Cyprus and due to the pollutants additive effect, it can be concluded that we need to protect the receiving waters. It requires a rainwater management.

Λέξεις κλειδιά

Απορροές αυτοκινητόδρομων μετά από βροχόπτωση

Ρύπανση υδάτων

Μόλυνση υδάτων

Ποσοτική και ποιοτική σύσταση ρύπων

Νερά από πρώτες ροές

Βαρέα μέταλλα

χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο

Keywords

Storm-water Road Runoff

Water pollution

Water contamination

Quantitative and qualitative pollutants

First Flush Waters

Heavy Metals

Chemical Oxygen Demand (COD)

Εισαγωγή

1.1 Θέμα μελέτης

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια πτυχίου Μάστερ για το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Διαχείριση και Προστασία του Περιβάλλοντος» από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Ο τίτλος της διατριβής είναι «*Ρύπανση των υδατινών σωμάτων από τις απορροές αυτοκινητόδρομων: η περίπτωση του οδικού δικτύου της Κύπρου*».

Είναι ευρέως γνωστό ότι το οδικό δίκτυο μιας περιοχής μπορεί να αποτελέσει πηγή εκπομπής διαφόρων μορφών ρύπων. Τέτοιοι ρύποι είναι οι αέριες εκπομπές των οχημάτων, οι υγρές διαρροές (καυσίμων, λιπαντικών), οι αποθέσεις στους δρόμους από διαβρώσεις μεταλλικών μερών από τα οχήματα, από τα ελαστικά και τα φρένα. Επιπλέον μπορεί να προκληθεί ρύπανση από το ίδιο το οδικό δίκτυο λόγω των υλικών ασφάλτωσης ή από εργασίες πάνω στο οδικό δίκτυο. Όλοι αυτοί οι ρύποι διαλύονται ή μεταφέρονται μηχανικά μέσω της βροχόπτωσης σε υδάτινους αποδέκτες. Κοινοί αποδέκτες των όμβριων υδάτων είναι επιφανειακά νερά όπως λίμνες, ποτάμια, υδατοφράκτες, τεχνητές υδατοδεξαμενές, θάλασσες, ή και υπόγεια νερά της περιοχής.

1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της παρούσας μελέτης

Η σημασία της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, έγκειται στο ότι για την περίπτωση της Κύπρου, δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα και μελέτες για το συγκεκριμένο πρόβλημα. Τα δεδομένα αυτά θα φωτίσουν περισσότερο τη γνώση γύρω από το θέμα και έτσι θα διαφανεί αν υπάρχει επιμόλυνση από το οδικό δίκτυο, σε ποιο βαθμό είναι αυτή η επιμόλυνση και αν υπάρχει αναγκαιότητα για προστασία των υδατινών μαζών πριν αφεθούν στον τελικό τους προορισμό. Ανάλογα από το είδος και τη συγκέντρωση των ρύπων που διαρρέουν από τους οδικό δίκτυο προς

τις υδάτινες μάζες θα μπορεί να γίνει μια πιο εμπειριστατωμένη μελέτη για μια πιθανή διαχείριση των όμβριων υδάτων.

1.3 Σκοπός και στόχοι

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να μελετηθεί αν το οδικό δίκτυο της Κύπρου προκαλεί επιμόλυνση των όμβριων υδάτων και κατά επέκταση των υδάτινων αποδεκτών (επιφανειακά και υπόγεια νερά). Για να μπορεί να διερευνηθεί αναλύεται σε μικρότερα δευτερεύοντα ερωτήματα ώστε να μπορούν να απαντηθούν/διερευνηθούν πιο εύκολα.

- Τι είδους ρύποι διαρρέουν από το οδικό δίκτυο στα όμβρια ύδατα και σε ποιες συγκεντρώσεις;
- Ποιες είναι οι πηγές προέλευσης των ρύπων; Εξαρτάται τι εξαρτάται η ποιοτική και ποσοτική τους σύσταση; Επηρεάζει το είδος και ο συνολικός αριθμός των διακινούμενων οχημάτων;
- Πως μεταβάλλονται χρονικά οι συγκεντρώσεις των ρύπων;
- Χρειάζεται να εφαρμοστεί σύστημα μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων;

Για το σκοπό αυτό, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, ώστε να συλλεχτούν δεδομένα για τη συγκέντρωση και το είδος των ρύπων που εμφανίζονται στα όμβρια ύδατα από τους αυτοκινητόδρομους. Συνοπτικά φάνηκε ότι οι ρύποι που εντοπίζονται στους δρόμους περνούν στα όμβρια ύδατα και από εκεί καταλήγουν σε επιφανειακά ή υπόγεια νερά. Η προέλευση των ρύπων προέρχεται από τα ίδια τα οχήματα, με χρήση των ορυκτών τους καυσίμων, διαφόρων λιπαντικών, και ελαστικών. Αναλυτικά αναφέρονται στο δεύτερο κεφάλαιο (βιβλιογραφική ανασκόπηση). Η συγκέντρωση των ρύπων εξαρτάται από τη συχνότητα και το είδος των διακινούμενων οχημάτων, από τη ένταση και διάρκεια της βροχόπτωσης, από την ξηρή περίοδο πριν από τη συλλογή των δειγμάτων, από το χρόνο συλλογής των δειγμάτων μετά την έναρξη της βροχόπτωσης, από τη μορφολογία-κλίση του εδάφους, από τη χρήση γης γύρω από το οδικό δίκτυο, ακόμη και από το κλίμα της περιοχής.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Αρχικά αναφέρεται από πού και πώς έγινε η συλλογή και η επεξεργασία των δειγμάτων. Έπειτα περιγράφονται ποια όργανα και εξοπλισμός χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ρυπογόνων ουσιών. Ακόμη περιγράφονται ποιες πρότυπες μέθοδοι σύμφωνα με τις οποίες έχει γίνει ο προσδιορισμός και τι έλεγχος ποιότητας έγινε για τις μετρήσεις.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις πειραματικές μετρήσεις. Η παρουσίαση γίνεται με διαφορετικούς τρόπους για γρήγορη και εύκολη παρακολούθηση (π.χ. συνοπτικά, ανά ρυπογόνο ουσία, περιοχή, χρόνο συλλογής των δειγμάτων). Γίνεται παρουσίαση των παραμέτρων που συσχετίζονται μεταξύ τους, σε πιο βαθμό συσχετίζονται και παρουσιάζονται σε πίνακες και γραφικά. Επεξεργάζονται τα αποτελέσματα με ανάλυση διασποράς, ώστε να φανεί αν απορρίπτονται ή όχι οι επί μέρους ερευνητικές υποθέσεις που παρατίθενται.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται συζήτηση και ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων που εξάχθηκαν. Εδώ γίνεται σύγκριση με άλλα πειραματικά δεδομένα από τη διεθνή βιβλιογραφία.

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται, προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, εισηγήσεις και προτάσεις για αντιμετώπιση του προβλήματος και ποια μελλοντική έρευνα μπορεί να γίνει ως συμπλήρωμα για το συγκεκριμένο θέμα.

1.4 Διασαφηνίσεις – προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών

Στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν απλοί όροι και ορισμοί για να μην απαιτείται περαιτέρω διευκρίνιση. Εντούτοις κάποιοι αναγκαίοι ορισμοί που διαπραγματεύεται η έρευνα παρατίθενται πιο κάτω. Τα ακρωνύμια που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται συνοπτικά στο παράρτημα Α.1.

Ομβρια ύδατα: Είναι τα νερά που συλλέγονται μετά από βροχόπτωση και μεταφέρονται μέσω φυσικής ροής σε επιφανειακά και υπόγεια κανάλια.

Υδάτινες μάζες: Αποτελούνται από υπόγεια και επιφανειακά νερά. Τα υπόγεια νερά είναι όσα νερά βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Τα επιφανειακά νερά είναι όσα βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, όπως τα νερά σε υδατοφράκτες, λίμνες, ποτάμια και θάλασσες.

Βαρέα μέταλλα: Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση της IUPAC (Duffus J., 2003), ο ορισμός για τα βαρέα μέταλλα, παραμένει κάπως ασαφής. Αυτό γιατί εκτός από μέταλλα αναφέρονται στην ίδια κατηγορία και κάποια μεταλλοειδή (π.χ. αρσενικό). Επίσης υπάρχει ασάφεια στο πόσο βαριά είναι

αυτά τα μέταλλα δηλ. από ποιο ατομικό αριθμό και μετά θεωρούνται βαριά στοιχεία. Με ποια πυκνότητα χαρακτηρίζονται (υπάρχουν απόψεις ότι η πυκνότητα τους θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 3,5 έως 7 g/cm³) Άλλο κριτήριο παραμένει η τοξικότητα των στοιχείων αυτών. Αγνοώντας τον ορισμό, στην κατηγορία των «βαρέων μετάλλων» περιέχονται τοξικά στοιχεία όπως ο μόλυβδος, το αρσενικό, το κάδμιο, ο υδράργυρος, το νικέλιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το βανάδιο, το χρώμιο, το κοβάλτιο κ.α. Για ευκολία στην παρουσίαση, τα χημικά στοιχεία θα παρουσιάζονται ονοματικά όπως καθιερώθηκε στη διεθνή χημική κοινότητα. Όπου επαναλαμβάνονται συνεχώς και στους πίνακες θα χρησιμοποιείται ο χημικός συμβολισμός τους.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Η ρύπανση των όμβριων υδάτων από τους αυτοκινητόδρομους είναι θέμα που μελετήθηκε διεξοδικά στη διεθνή βιβλιογραφία. Μετά από τη βροχόπτωση τα νερά που απορρέουν από μια κατοικημένη περιοχή και κυρίως από τους αυτοκινητόδρομους μπορούν να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στις υδάτινους αποδέκτες. Δηλαδή το οδικό δίκτυο αποτελεί μια από τις κύριες πηγές ρύπανσης των υδάτινων μαζών όπου καταλήγουν (Brown and Peake, 2006; Gobel P. et al., 2007; Li et al., 2007).

Μια από τις πρώτες μελέτες για την επιμόλυνση των υδάτων από όμβρια ύδατα, έγινε από την αμερικάνικη υπηρεσία περιβάλλοντος (USEPA, 1983) με το πρόγραμμα Nationwide Urban Runoff Program (NURP). Χρονικά τα δεδομένα συλλέχτηκαν την περίοδο 1979-1982 και κάλυψαν όλη την επικράτεια των ΗΠΑ. Μελέτησαν την ποιότητα των όμβριων υδάτων σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και πολυσύχναστους δρόμους. Τα αποτελέσματα τα συσχέτισαν με αποτελέσματα από άλλες απόμακρες και καθαρές περιοχές. Η μελέτη έδειξε ότι προκαλείται σημαντική επιβάρυνση των υδάτινων μαζών από τις απορροές όμβριων υδάτων.

Η ποιοτική και ποσοτική σύσταση των ρύπων που περιέχονται σε νερά που απορρέουν από τους αυτοκινητόδρομους, η πηγή προέλευσης τους και οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται η συγκέντρωσή τους είναι ερευνητικά πεδία που θα μελετηθούν πιο κάτω.

2.2 Κατηγορίες ρύπων στους αυτοκινητόδρομους και προέλευση τους

Οι ρύποι που συναντώνται στις απορροές των αυτοκινητόδρομων είναι θέμα που απασχόλησε και απασχολεί την διεθνή επιστημονική κοινότητα σε μεγάλο βαθμό. Στη συνέχεια παρουσιάζονται εν συντομία οι κατηγορίες των ρύπων που εντοπίζονται πιο συχνά στις απορροές των αυτοκινητόδρομων.

α) Αιωρούμενα στερεά, Στερεά υλικά – ιζήματα

Μέσα στις απορροές εντοπίζονται άμμος, πέτρες, σκόνη. Συνήθως προέρχονται από εργασίες στο οδικό δίκτυο ή από μεταφορά (φυσική ή μη) από γειτονικές περιοχές. Πάνω στη λάσπη και τη σκόνη προσροφώνται μεγάλο ποσοστό ρύπων (Jang, A., et al 2005; Γιαννόπουλος Σ. 2005; Wicke D. et al, 2012). Τα αιωρούμενα στερεά με διαστάσεις μικρότερες των 10 μm ή των 2,5 μm αν εισπνευστούν, είναι πολύ επικίνδυνα.

β) Θρεπτικά στοιχεία (ενώσεις φωσφόρου και αζώτου).

Συνηθέστερες πηγές προέλευσης των ενώσεων του φωσφόρου και αζώτου είναι από τις γεωργικές δραστηριότητες π.χ. λιπάσματα (Guo W.X. et al., 2014). Αν και είναι σε μικρές ποσότητες εντούτοις μπορεί να επιβαρύνουν σημαντικά τους υγρούς αποδέκτες (Revitt et al, 2003).

γ) Βαρέα μέταλλα.

Τα βαρέα μέταλλα είναι από τους πιο διαδεδομένους ρύπους που συναντώνται στα όμβρια ύδατα των αυτοκινητόδρομων (Wicke D. et al, 2012; Gobel et al, 2007). Η πηγή προέλευσης τους είναι τα ίδια τα οχήματα και τα υλικά που χρησιμοποιούνται σ' αυτά.

Τα οχήματα απελευθερώνουν βαρέα μέταλλα λόγω της περιεκτικότητάς τους στα καύσιμα. Από την εξάτμιση των οχημάτων μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα και από εκεί με απόθεση καταλήγουν στη γύρω περιοχή. Λόγω των διαρροών λιπαντικών αποβάλλονται μόλυβδος (Pb), νικέλιο (Ni) και βανάδιο (V). Από τα ελαστικά αποβάλλεται ψευδάργυρος (Zn), χαλκός (Cu), χρώμιο (Cr), Pb και Ni ενώ από τα φρένα αποβάλλεται κυρίως Cu (Bohemen, H. D. V and Janssen, W. H, 2003). Οι Panko et al. (2012) βρήκαν ότι σημαντικές ποσότητες από επιβλαβή κατάλοιπα των ελαστικών μπορούν να μεταφερθούν στις υδάτινες μάζες με σημαντικές επιπτώσεις στην υδρόβια ζωή. Οι απελευθερώσεις βαρέων μετάλλων, γίνονται λόγω διαβρώσεων των οχημάτων και λόγω φθοράς της μογογιάς (Fe, Cr) (Gobel et al, 2007) ενώ από τις γαλβανώσεις

ελευθερώνεται Zn, Cd και βισμούθιο (Bi) (Pistofodis et al., 2007). Βρέθηκε ακόμη ότι στις απορροές των οδικών δικτύων, παρουσιάζονται ευγενή μέταλλα όπως παλλάδιο (Pd), πλατίνα (Pt) και ρόδιο (Rh) που προέρχονται από τους καταλύτες των σύγχρονων οχημάτων (Sures, B, et al., 2001).

Επίσης η μεταφορά βαρέων μετάλλων μπορεί να γίνει από την γύρω περιοχή με ξηρή ή υγρή απόθεση απευθείας από την ατμόσφαιρα στους δρόμους και από εκεί να καταλήξουν στον υδροφόρο ορίζοντα (Bohemen H.D.V and Janssen W.H, 2003).

Οι πηγές εκπομπής βαρέων μετάλλων, εκτός από τα ίδια τα οχήματα, είναι το ίδιο το οδικό δίκτυο λόγω των υλικών κατασκευής και συντήρησης του ή από υλικά που απελευθερώνονται στο οδικό δίκτυο κατά τις μεταφορές.

δ) *Χλωριούχα άλατα* που προστίθενται για λιώσιμο του πάγου στους δρόμους (αποπαγωτικά – antifreeze) (Gobel et al., 2007). Σε χώρες με κρύο χειμώνα όπου υπάρχει δυνατότητα σχηματισμού παγετού πάνω στους δρόμους χρησιμοποιούνται διάφορα άλατα (χλωριούχα κυρίως) για να μειώνεται το σημείο πήξης του νερού. Τα άλατα αυτά (όπως NaCl, CaCl₂, MgCl₂, CaSO₄), μεταφέρονται μέσω της βροχής σε διάφορους υγρούς αποδέκτες.

ε) *Μικροβιακή ρύπανση*

Βρέθηκε ότι στα όμβρια ύδατα υπάρχει μεγάλο μικροβιακό φορτίο το οποίο μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιμολύνσεις και ασθένειες (Price, W., et al., 2013; Scholz, 2006). Βακτήρια εντερικής προέλευσης όπως E. coli και εντερόκοκκοι προέρχονται από κόπρανα ζώων που παρασυρόμενα με το νερό καταλήγουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Μεγαλύτερη συγκέντρωση εντερόκοκκων βρέθηκε να μεταφέρεται με σκόνη διαμέτρου από 10 μέχρι 30 μm . Τα βακτήρια του γένους των coliforms, βρέθηκε ότι έχουν μεγάλη διασπορά (με διάφορους τρόπους) και ότι εντοπίζονται στα υπόγεια ύδατα όπου καταλήγουν οι απορροές (Jeng et al. 2005).

στ) *Υδρογονάνθρακες*

Η τροχαία κίνηση είναι μια από τις κυριότερες πηγές εκπομπής των καρκινογενών και μεταλλαξιογόνων οργανικών ρύπων. Τέτοιοι ρύποι είναι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), βενζόλιο, τολουόλιο αιθυλενοβενζόλιο και ξυλόλιο γνωστά με τα αρχικά BTEX (Mahbub, et al., 2011), διάφορα πετρελαιοειδή - καύσιμα λιπαντικά, (Tromp et al., 2012; Zang et al., 2010).

Σύμφωνα με τον Αραβαντίνο Α., (ΕΑΠ, 1999), οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες αποτελούν μια μεγάλη κατηγορία ρύπων των υδάτων που η παρουσία τους στο περιβάλλον είναι μόνο ανθρωπογενούς προέλευσης. Χωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες: τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες μικρού μοριακού βάρους, τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και τις οργανοχλωριωμένες ενώσεις. Οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες γενικά αποτελούν μια σημαντική ομάδα χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται ως παρασιτοκτόνα. Προέρχονται κυρίως από γεωργική δραστηριότητα και μεταφέρονται μέσω της βροχής από το έδαφος στις υδάτινες μάζες. Αποτελούν πολύ ανθεκτικές και σταθερές ενώσεις με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται στα νερά, στα ιζήματα και από εκεί στους διάφορους οργανισμούς. Λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας τους είναι δυνατόν να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις και να υποβοηθούν στην διασυννοριακή ρύπανση των νερών. Ακόμη τα παρασιτοκτόνα εισέρχονται στα φυτά και τους καρπούς των καλλιεργειών με αποτέλεσμα να φθάνουν απευθείας στον άνθρωπο.

Οι υδρογονάνθρακες συνήθως προέρχονται από διαρροές λόγω ατυχημάτων, ή από διαρροές καυσίμων και λιπαντικών στο δρόμο λόγω παλαιώσης των οχημάτων ή από απώλειες υγρών λόγω χρήσης των φρένων (Gobel et al., 2007). Επίσης συναντώνται στα καυσαέρια ως παραπροϊόντα ατελούς καύσης.

ζ) Αέριοι ρύποι

Οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται από τα διάφορα οχήματα μπορούν να επιστρέψουν πίσω στο οδικό δίκτυο ή την γύρω περιοχή, με ξηρή ή υγρή απόθεση (Jeng et al., 2005; Karlsson et al., 2010). Πιο γνωστή υγρή απόθεση είναι η όξινη βροχή με πολύ δυσμενής επιπτώσεις (Κουιμτζής Θ. et al., 1998). Είναι βροχή με pH χαμηλότερο του φυσιολογικού. Η καθαρή βροχή έχει pH 5,6 το οποίο αντιστοιχεί στο pH του αποσταγμένου νερού που βρίσκεται σε ισορροπία με το όξινο διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Η όξινη βροχή δημιουργείται με διάλυση όξινων οξειδίων στο νερό της βροχής. Η όξινη βροχή περιέχει οξέα και άλατα που διαλύονται από την ατμόσφαιρα όπου αιωρούνται. Η οξύτητα της βροχής οφείλεται κυρίως στην παρουσία μικρών ποσοτήτων ισχυρών οξέων όπως θειικό (H_2SO_4) και νιτρικό (HNO_3) τα οποία δημιουργούνται μετά από διάλυση των όξινων οξειδίων του θείου (SO_2) και του αζώτου (NO_x). Άλλα πιο σπάνια ανόργανα οξέα που δημιουργούνται στο νερό της βροχής, είναι το υδροχλωρικό οξύ (HCl), το φωσφορικό (H_3PO_4), ή και οργανικά οξέα όπως μυρμηγκικό ($HCOOH$) ή οξικό οξύ (CH_3COOH).

η) Αισθητική ρύπανση.

Η αισθητική ρύπανση περιλαμβάνει την ηχορρύπανση λόγω θορύβου από τους αυτοκινητόδρομους, άσχημες οσμές, μειωμένη ορατότητα. Επίσης παρουσία σκουπιδιών όπως πλαστικά μπουκάλια, χαρτιά, γόπες, σακούλια (Γιαννόπουλος Σ. 2005).

Η συγκέντρωση των ρύπων ποσοτικά, εξαρτάται από παράγοντες όπως η ένταση της οδικής κυκλοφορίας, η ένταση και κατεύθυνση του ανέμου, η διάρκεια και η ένταση της βροχόπτωσης, η κλίση του δρόμου, η διάρκεια της ξηρής περιόδου πριν τη βροχόπτωση, το είδος και η τεχνολογία των κυκλοφορούντων οχημάτων (Brown and Peake, 2006; Gobel et al., 2007). Υπολογίζεται ότι μόνο 5 με 20% του συνόλου των εκπεμπόμενων από το οδικό δίκτυο ρύπων καταλήγει στα όμβρια ύδατα (Gobel et al., 2007). Αυτό όμως δε σημαίνει ότι δεν απειλούνται οι υδάτινες μάζες από την οδική ρύπανση.

Οι Gnecco et al. (2005) αναφέρουν ότι στις πρώτες πλύσεις των δρόμων από τη βροχόπτωση, μια ορολογία που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως «First Flush», μαζεύεται το 70% των ολικών αιωρούμενων συστατικών (TSS) που θα μαζευτούν καθ' όλη τη διάρκεια της βροχόπτωσης. Δηλαδή οι ποσότητες των ρύπων αναμένεται να είναι περισσότερη στις πρώτες εκπλύσεις νερού από ότι στις τελευταίες. Στη συνέχεια συσχέτισαν τη γραμμική εξάρτηση των αιωρούμενων σωματιδίων με το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD) και βρήκαν συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,95$. Το COD είναι μια παράμετρος που δείχνει το βαθμό της ρύπανσης γενικά.

Τα οδικά δίκτυα αποτελούν μια μη σημειακή πηγή εκπομπής ρύπων (Γιαννόπουλος Σ. Ι., 2005). Αυτό συμβαίνει γιατί τα οχήματα διακινούνται κατά μήκος ολόκληρου του οδικού δικτύου και όχι σε ένα σημείο μόνο. Η αμερικάνικη υπηρεσία περιβάλλοντος (USEPA,1983) αναφέρει μέσω του προγράμματος Nationwide Urban Runoff Program (NURP) ότι σημαντικές επιβαρύνσεις δημιουργούν οι αυτοκινητόδρομοι όπου διακινούνται πέραν των 30000 αυτοκινήτων ημερησίως. Σ' αυτό συμφωνούν και οι Brugge et al. (2007), αναφέροντας ότι η ρύπανση των όμβριων υδάτων αυξάνει ανάλογα με τον αριθμό των διακινούμενων οχημάτων. Στον **πίνακα 2.1** φαίνονται οι μέσες τιμές από τις απορροές κατοικημένων περιοχών και αυτοκινητόδρομων για την ευρύτερη περιοχή της βόρειας Ευρώπης όπως παρουσιάζονται από τους Thorkild H. J. et al. (2010). Οι μέσες τιμές υπολογίστηκαν από σύνοψη διαφόρων μελέτων.

Πίνακας 2.1: Μέση τιμή ρύπων από απορροές όμβριων υδάτων από κατοικημένες περιοχές και από διάφορα οδικά δίκτυα (Thorikild et al., 2010)

Παράμετρος	Μέση τιμή όμβριων υδάτων		Μονάδες
	Κατοικημένη περιοχή	Οδικό δίκτυο	
Βιολογικ. απαιτούμ. Οξυγόνο (BOD ₅)	8	5	mg/L
Χημικώς απαιτούμ. Οξυγόνο (COD)	50	30	mg/L
Ολ. Αιωρούμενα στερεά (TSS)	100	100	mg/L
Ολικό Kjeldahl Αζωτο(TKN)	2	2	mg/L
Ολικός Φωσφόρος (TP)	0,5	0,3	mg/L
Χαλκός (Cu)	30	30	μg/L
Μόλυβδος (Pb)	20	20	μg/L
Ψευδάργυρος (Zn)	300	300	μg/L

2.3 Συνήθης τρόποι δειγματοληψίας

Για τη συλλογή των δειγμάτων, χρησιμοποιούνται διαφορετικών τύπων μέθοδοι δειγματοληψίας. Όλες όμως έχουν ως στόχο τη συλλογή δειγμάτων που να αντιπροσωπεύουν το σύνολο του όγκου των απορροών. Ακόμη μπορεί να αντιπροσωπεύουν δείγματα για διαφορετικές χρονικές στιγμές ή διαφορετικούς όγκους ροής.

Η ομάδα του Bris et al. (1999) εφάρμοσε δειγματοληψία από τους δρόμους με ηλεκτρική σκούπα σε ξηρή ή υγρή επιφάνεια. Στη δειγματοληψία σε ξηρή επιφάνεια συλλέγεται σκόνη από το οδικό δίκτυο και προσδιορίζεται η συγκέντρωση των ρύπων στο στερεό. Είτε με εκχύλιση (για οργανικούς ρύπους) είτε με υγρή χώνευση (για στοιχειακή ανάλυση). Κατά την υγρή δειγματοληψία έκαναν πλύση του δρόμου και μετά συλλογή του νερού με την ηλεκτρική σκούπα. Πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η άμεση δειγματοληψία σε συνθήκες που ευνοούν το δειγματολήπτη. Επίσης γίνεται αραίωση κατά επιλογή με χρήση λίγου ή περισσότερου νερού. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στο προσδιορισμό της επιμόλυνσης ρύπων σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις που σε μια κανονική δειγματοληψία πραγματικής βροχόπτωσης δεν θα μπορούσαν να προσδιοριστούν. Τέτοιοι ρύποι είναι μέταλλα σε χαμηλή συγκέντρωση, που δεν δίνουν δυνατό σήμα σε αναλυτικά όργανα, όπως το φασματόμετρο ICP-OES. Συνήθη μέταλλα με πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις είναι ο υδράργυρος, το αρσενικό, ή ευγενή μέταλλα (Pt, Rh, Ru).

Η ερευνητική ομάδα των Ekley and Branfireun (2009) χρησιμοποίησαν μια άλλη τεχνική, όπου έπλεναν το δρόμο με τεχνητή βροχή για εξομοίωση των πραγματικών συνθηκών. Με αυτή τη τεχνική μπορούσαν να έχουν την επιλογή του χρόνου της δειγματοληψίας και την επιλογή του όγκου αραίωσης.

Άλλοι έκαναν δειγματοληψία κατά την ώρα μιας πραγματικής βροχόπτωσης, χρησιμοποιώντας αυτόματους δειγματολήπτες (Gnecco et al., 2005; Qunshan Wei et al., 2010, Pagotto et al., 2000). Με αυτό το τρόπο μετρείται το μέγεθος της συγκέντρωσης των ρύπων σε πραγματικές συνθήκες. Η χρήση των αυτόματων δειγματοληπτών εξαλείφει την πιθανότητα της εμφάνισης χρονικών σφαλμάτων όπως θα μπορούσε να συμβεί κατά τη παραδοσιακή δειγματοληψία. Γίνεται δειγματοληψία σε ώρες που παραδοσιακά θα χάνονταν τα δείγματα όπως αργά το βράδυ. Επίσης εξαλείφεται το πρόβλημα της αστάθειας στον όγκο των συλλεγόμενων δειγμάτων και στην αστάθεια της αντιπροσωπευτικότητας του δείγματος.

Άλλες ερευνητικές ομάδες έκαναν την δειγματοληψία κατά τη ώρα της βροχόπτωσης παίρνοντας τα δείγματα από ειδικά διαμορφωμένες επιφάνειες αλλάζοντας το υλικό ή την κλίση της επιφάνειας ή μελετώντας τις απορροές από όμβρια ύδατα δρόμων ή από στέγες σπιτιών (Xu, X. L. et al., 2009; Gobel P., Dierkes C. and Coldewey W.G., 2007; Wicke et al. 2012).

2.4 Επιπτώσεις ρύπων

Η υποβάθμιση των υδάτινων αποδεκτών των όμβριων υδάτων, προκαλεί αρνητικές επιδράσεις στη αειφορία ολόκληρου του συστήματος. Οι επιπτώσεις έχουν αντίκτυπο όχι μόνο στο φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο, αλλά και στην κοινωνία και την οικονομία της, λόγω της αλληλεξάρτησης μεταξύ τους.

2.4.1 Κοινωνικές Επιπτώσεις

Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος έχει άμεσο αντίκτυπο στη κοινωνική ζωή των κατοίκων. Αν τα νερά υποβαθμιστούν κινδυνεύει η βιοποικιλότητα με συνέπεια να χαθούν ζώα και φυτά της περιοχής. Το περιβάλλον δεν θα αποτελεί πόλο έλξης για χαλάρωση των κατοίκων και τουριστών. Μια λίμνη χωρίς ζωή θα χάσει το ενδιαφέρον για μελέτη και έρευνα. Θα υπάρξουν κυρώσεις για τη μη προστασία του περιβάλλοντος (π.χ. από θεσμικά όργανα της ευρωπαϊκής ένωσης) με κοινωνικό αντίκτυπο. Κάτοικοι που στηρίζονται βιοποριστικά από τον τουρισμό θα μείνουν χωρίς δουλειά και αυτό θα έχει αλυσιδωτές συνέπειες σε όλη την κοινωνία.

Άλλη κοινωνική επίπτωση που θα είχε μια πιθανή επιμόλυνση των υδάτινων μαζών από τα όμβρια ύδατα είναι οι διάφορες ασθένειες που προκαλούν οι ρύποι αυτοί. Οι ασθένειες αυτές είναι ανάλογα με το είδος του ρύπου, τη συγκέντρωση του στο νερό και το χρόνο επαφής ή ποσότητα κατανάλωσης από τους κάτοικους. Οι επιπτώσεις από τον κάθε ρύπο θα μελετηθούν στο τμήμα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (παράγραφος 2.4.3).

2.4.2 Οικονομικές Επιπτώσεις

Μια πιθανή υποβάθμιση των υδάτων θα αναγκάσει την κοινωνία να αναζητήσει διαθέσιμο καθαρό νερό για τον πληθυσμό. Αυτό θα έχει ως επακόλουθο μεγάλο οικονομικό κόστος σε τεχνολογίες καθαρισμού των υφιστάμενων υδάτων ή για μεταφορά καθαρών από άλλες περιοχές (ακόμη και από το εξωτερικό). Το κόστος σε τέτοιες τεχνολογίες είναι σχετικά μεγάλο.

Οι οικονομικές επιπτώσεις θα αγγίξουν την πολιτεία και τον καθένα ξεχωριστά. Αυτό θα συμβεί λόγω αγοράς του ακριβότερου νερού, επιβολής επιπρόσθετων φορολογήσεων για κάλυψη των νέων εξόδων, απώλεια θέσεων εργασίας από τη μείωση του τουρισμού και για κάλυψη εξόδων για επιδιόρθωση της επηρεαζόμενης περιοχής για αποκατάσταση της βιοποικιλότητας.

2.4.3 Επιπτώσεις στο περιβάλλον (και στον άνθρωπο)

Οι Brugge et al. (2007) αναφέρουν ότι όσο περισσότερα οχήματα διακινούνται σε ένα δρόμο τόσο πιο μεγάλη είναι η επιμόλυνση που προκαλούν. Οι πιο πάνω ερευνητές έκαναν μελέτη των επιπτώσεων ενός οδικού δικτύου και συνέδεσαν τα προβλήματα υγείας των κατοίκων της περιοχής με τη ένταση της οδικής κίνησης. Οι ασθένειες που συσχετίστηκαν με την οδική ρύπανση ήταν καρδιαγγειακά νοσήματα, ασθματικά, ερεθισμός του αναπνευστικού, πονοκέφαλοι και καρκινογενέσεις. Εκτός των επιπτώσεων στον άνθρωπο έχουν αναφερθεί και συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον. Οι εκπεμπόμενοι αέριοι ρύποι συσχετίστηκαν με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και με τις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές (IPCC, 2007). Οι ρύποι που προέρχονται από ένα οδικό δίκτυο είναι διαφόρων τύπων με διαφορετικές επιδράσεις για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Οι επιπτώσεις αναλύονται ανά ρύπο.

α) Τα *αιωρούμενα σωματίδια* που εκπέμπονται από τους αυτοκινητόδρομους είτε έμμεσα είτε άμεσα αποτελούν σοβαρό κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα, μείωση της ορατότητας και επικαθίσεις. Κύρια πηγή προέλευσης τους είναι η καύση των υδρογονανθράκων από τα οχήματα και από άλλες διεργασίες (EEA, 2006) Ακόμη αιωρούμενα σωματίδια δημιουργούνται από μηχανική ανάδευση της σκόνης από τα οχήματα και

τον άνεμο. Ιδιαίτερα επικίνδυνα είναι τα σωματίδια με διαστάσεις μικρότερες από 2,5 ή 10 μm (PM10, PM2,5) τα οποία προκαλούν σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα ή και ακόμη καρκίνο των πνευμόνων.

Είναι γεγονός ότι η βροχή αποτελεί ευνοϊκό μετεωρολογικό παράγοντα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Με τη βροχή τα αιωρούμενα σωματίδια πέφτουν στο έδαφος το οποίο παράλληλα υγραίνεται και πλένεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην επανα-αιωρούνται αυτά τα σωματίδια στην ατμόσφαιρα λόγω του ανέμου ή των ρευμάτων αέρα που προκαλούνται από την οδική κυκλοφορία κυρίως στους αυτοκινητόδρομους. Από την άλλη όμως παρασύρονται στις υδάτινες μάζες μεταφέροντας πολλές φορές και άλλους ρύπους στα νερά όπως βαρέα μέταλλα ή υδρογονάνθρακες διαφόρων τύπων.

β) Θρεπτικές ενώσεις.

Οι θρεπτικές ενώσεις που κυκλοφορούν στα όμβρια ύδατα είναι κατά κύριο λόγο ενώσεις του φωσφόρου και αζώτου υπό μορφή λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στην γεωργία. Στα όμβρια ύδατα μεταφέρονται από νερά που περνούν από γεωργικές περιοχές ή από γεωργικά μηχανήματα που κυκλοφορούν στους δρόμους. Σημαντική επίπτωση των θρεπτικών υλικών όταν μεταφερθούν σε υδάτινες μάζες είναι το φαινόμενο του ευτροφισμού. Αυτό έχει ιδιαίτερα άσχημες επιπτώσεις σε ευαίσθητα οικοσυστήματα όπως είναι οι λίμνες. Μπορεί να μειωθεί ή νεκρωθεί μεγάλος αριθμός οργανισμών που ζουν στις λίμνες. Η βιοποικιλότητα είναι ένας παράγοντας που επιβάλλεται να προστατευτεί σε ένα οικοσύστημα ώστε να διατηρηθεί η ισορροπία του.

γ) Τα *βαρέα μέταλλα* είναι τοξικά στοιχεία όπως ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), το αρσενικό (As), ο υδράργυρος (Hg), το χρώμιο (Cr) και άλλα. Η τοξική συμπεριφορά τους αλλάζει ανάλογα με τον ζωντανό οργανισμό που έρχονται σε επαφή (Madoni P. and Giuseppa R.M., 2006). Υπάρχουν βαρέα μέταλλα που απαντώνται στα νερά με την οργανομεταλλική τους μορφή, όπως είναι ο Pb, ο Hg και ο κασσίτερος (Sn), ενώ άλλα βαρέα μέταλλα απαντάται περισσότερο με την ανόργανη μεταλλική τους μορφή (Cr, As, Se, Sb) και άλλα και με τις δύο όπως για Al, Cd, Zn, Cu, Ni, Co, Fe (Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998).

Για τον ανθρώπινο οργανισμό, ο μηχανισμός δράσης των τοξικών αυτών στοιχείων οφείλεται στη ισχυρή χημική συγγένεια που έχουν με τις σουλφυδρυλικές ομάδες (R-SH) που υπάρχουν σε οργανικές ενώσεις που απαντώνται σε ένζυμα και ορμόνες. Με τη δέσμευση των βαρέων μετάλλων με τη σουλφυδρυλομάδα, τα ένζυμα χάνουν τη φυσιολογική τους δράση, με

αποτέλεσμα να μην λειτουργούν οι μεταβολικές αντιδράσεις σωστά και πολλές φορές αυτό μπορεί να οδηγήσει μέχρι το θάνατο. Τα antidota που κυκλοφορούν για τα βαρέα μέταλλα είναι ενώσεις που έχουν τη τάση να δεσμεύουν τα στοιχεία αυτά. Τέτοιες ενώσεις είναι άλατα του οξέος EDTA (αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ) ή το πιο αποτελεσματικό BAL (British Anti-Lewisite) που περιέχει δύο σουλφυδρυλομάδες που δεσμεύουν ισχυρότερα τα βαρέα μέταλλα από ότι τα ανθρώπινα ένζυμα. Με αυτό το τρόπο καθίστανται υδατοδιαλυτά και έτσι αποβάλλονται από το σώμα (Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998).

Η επικινδυνότητα των βαρέων μετάλλων, έγκειται στο ότι είναι τοξικά και δεν αποικοδομούνται. Συνήθως, η πιο τοξική μορφή των βαρέων μετάλλων είναι οι οργανομεταλλικές τους ενώσεις. Ο λόγος είναι η μεγάλη τους διαπερατότητα από μεμβράνες- όπως τη μεμβράνη του εγκεφάλου. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βιοσυσσωρευση τους από οργανισμό σε οργανισμό και τελικά να καταλήξει στον άνθρωπο σε πολύ ψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων. Τα βαρέα μέταλλα εντοπίζονται σε ευαίσθητα όργανα όπως ο εγκέφαλος, το συκώτι ή νεφρά.

Η δυσκολία στην απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων από τα επιφανειακά και υπόγεια νερά, την καθιστά οικονομικά δύσκολη διαδικασία επεξεργασίας και έτσι όπου είναι δυνατό αποφεύγεται ή αν οι συγκεντρώσεις τους είναι σε σχετικά χαμηλό επίπεδο, τότε δεν γίνεται.

Ο υδράργυρος είναι πτητικό μέταλλο που εξαχνώνεται και διαχέεται στην ατμόσφαιρα πολύ εύκολα. Αποβάλλεται από τις εξατμίσεις των οχημάτων λόγω της περιεκτικότητας των καυσίμων με ίχνη υδραργύρου. Οι ατμοί του υδραργύρου περνούν από τους πνεύμονες στο αίμα και από εκεί σε διάφορα ζωτικά όργανα. Μπορεί να καταλήξει στην ατμόσφαιρα λόγω αποτέφρωσης παλαιού τύπου θερμόμετρων και μπαταριών από σκύβαλα που περιέχουν το μέταλλο αυτό. Η πιο τοξική ένωση του υδραργύρου είναι η μεθυλιωμένη του μορφή. Ο μεθυλοϋδράργυρος [$\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$] σχηματίζεται σε αναερόβιες συνθήκες από μικροοργανισμούς που μετατρέπουν τα ιόντα υδραργύρου [Hg^{2+}] σε μεθυλοϋδράργυρο. Ο υδράργυρος στα ψάρια βρίσκεται υπό την μορφή αυτή, σε ποσοστό 80% τουλάχιστον. Η τοξικότητα του μεθυλοϋδραργύρου οφείλεται στη βιοσυσσωρευση και κατάληξη του στο νευρικό σύστημα. Οι συνέπειες της επιμόλυνσης με υδράργυρο είναι βλάβη του νευρικού συστήματος, απώλεια όρασης ή ακοής, κινητικά προβλήματα και θάνατος. Τρανταχτό παράδειγμα είναι η περίπτωση της λίμνης της Μιναμάτα στην Ιαπωνία, που λόγω του μεθυλοϋδραργύρου που βιοσυσσωρεύτηκε στους κάτοικους της περιοχής από την κατανάλωση ψαριών από τη λίμνη, προκλήθηκαν πολλές δηλητηριάσεις και θάνατοι (Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998).

Ο μόλυβδος (Pb) είναι λιγότερο τοξικός από τον υδράργυρο. Ο στοιχειακός μόλυβδος δεν προκαλεί ιδιαίτερα περιβαλλοντικά προβλήματα πάρα μόνο μετά τη μετατροπή του σε ιόντα μολύβδου και ιδιαίτερα του τετρασθενούς μολύβδου που μπορεί να σχηματίσει ομοιοπολικές ενώσεις με μεθύλια και αιθύλια. Η τοξικότητα των ενώσεων αυτών είναι παρόμοια με αυτή του μεθυλοϋδραργύρου, δηλαδή ως νευροτοξίνη που προσβάλλει τον εγκέφαλο. Περιέχεται στα καύσιμα σε σχετικά ψηλές συγκεντρώσεις, που με την καύση μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα. Από την ατμόσφαιρα και τους δρόμους καταλήγει μετά από βροχόπτωση στον υδροφόρο ορίζοντα (Karlsson et al., 2010). Μεταφέρεται στο ανθρώπινο σώμα είτε μέσω της αναπνευστικής οδού ή μέσω της λήψης νερού ή τροφής. Βιοχημικά ο μόλυβδος εμποδίζει το σχηματισμό της αιμογλοβίνης λόγω της δέσμευσης του με συστατικά που απαιτούνται για τη σύνθεση της. Οι Ewen, Anagnostopoulou και Ward (2009) αναφέρουν ότι ψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν νεφρική δυσλειτουργία και εγκεφαλική φθορά. Στα παιδιά ο μόλυβδος εμποδίζει τη φυσιολογική ανάπτυξη του εγκεφάλου τους. Μπορεί να επηρεάσει το συκώτι και δυσλειτουργία του αναπαραγωγικού συστήματος. Προσκολλημένο στη σκόνη μπορεί να εισέλθει μέσω της αναπνοής στους πνεύμονες. Μπορεί ο μόλυβδος να είναι λιγότερο τοξικός από τον υδράργυρο εντούτοις είναι αρκετά τοξικός ώστε να καθοριστούν ανώτατα επιτρεπτά όρια συγκέντρωσης που επιτρέπονται στο νερό ή στα τρόφιμα (Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998).

Το κάδμιο (Cd) έχει παρόμοια δράση με τον ψευδάργυρο (Zn) (Ladislav et al., 2012). Σαν μέταλλα της ίδιας ομάδας του περιοδικού πίνακα με παρόμοια συμπεριφορά, το Cd απαντάται μαζί με τις ενώσεις του Zn. Το κάδμιο προσροφάται από τα φυτά και από εκεί καταλήγει στον άνθρωπο ή τα ζώα. Αυτό συμβαίνει, γιατί όπως αναφέρθηκε, το Cd και ο Zn έχουν την ίδια χημική συμπεριφορά και γι' αυτό προσροφάται στη θέση του ψευδαργύρου. Οι Ladislav et al. (2012) έδειξαν ότι υπάρχει πλήρως γραμμική συσχέτιση ($R^2=0.999$) στη συγκέντρωση του Zn και Cd στις ρίζες φυτών που ποτίζονταν από νερό που προερχόταν από τις απορροές δρόμων. Οι ίδιοι χρησιμοποίησαν τη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων στα φυτά αυτά ως περιβαλλοντικό δείκτη που να δείχνει την επιμόλυνση που υπάρχει στο περιβάλλον τους.

Συνηθισμένος τρόπος λήψης στον άνθρωπο είναι και από τον καπνό του τσιγάρου ή από το νερό. Το κάδμιο συσσωρεύεται στο ήπαρ, στα νεφρά, στο θυρεοειδή αδένα, στη σπλήνα όπου προκαλεί σοβαρές παθήσεις και καρκίνο (Ewen et al., 2009; Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ., 1998). Άλλη σοβαρή επίπτωση στον άνθρωπο από το κάδμιο είναι η

αλωπεκία, η εξασθένηση και υπέρταση (Ewen et al., 2009). Ακόμη προκαλείται αντικατάσταση του ασβεστίου από τα οστά και αντικατάσταση του ψευδαργύρου από τα διάφορα ένζυμα. Σε πολύ μικρές ποσότητες το κάδμιο συπλοκοποιείται με τη μεταλλοθειονίνη και αποβάλλεται με την ουρία. Σε μεγαλύτερες ποσότητες όμως ο οργανισμός δεν μπορεί να δεσμεύσει το κάδμιο και έτσι συσσωρεύεται στο συκώτι, νεφρά (Κουιμτζής Θ., Φυτιανος Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ., 1998).

Το *αρσενικό* (As) χρησιμοποιείται ως συστατικό σε παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία. Γι' αυτό το λόγο συχνά παρουσιάζεται αρσενικό σε νερά που απορρέουν από γεωργικές περιοχές (Lenoble V. et al., 2013). Επίσης, εντοπίζεται στα αέρια καύσης των ορυκτών καυσίμων. Το αρσενικό μπορεί να εισέλθει στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της αναπνοής τροφής και προσρόφησης από το δέρμα. Το αρσενικό εμποδίζει την οξειδωτική δράση των κυττάρων και μπορεί να προκαλέσει καρκινογενέσεις (Κουιμτζής Θ., Φυτιανος Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998; WHO, 2013). Η τρισθενής οξειδωτική κατάσταση του αρσενικού είναι περισσότερο τοξική από την πεντασθενής λόγω μεγαλύτερης χημικής συγγένειας του με τις σουλφυδριλομάδες των μεταβολικών μορίων (π.χ. ενζύμων). Οι περισσότερες ενώσεις του αρσενικού είναι υδατοδιαλυτές και επομένως αποβάλλονται ευκολότερα από τον οργανισμό σε σχέση με άλλα βαρέα μέταλλα. Λόγω όμως της υδατοδιαλυτότητας τους, ενώσεις του αρσενικού συναντώνται συχνά στις υδάτινες μάζες.

Εκτός των προαναφερθέντων, πολύ τοξικά μέταλλα είναι το νικέλιο (Ni), ο χαλκός (Cu) και το χρώμιο (Cr) (Madoni, P., et al., 2006). Το χρώμιο θεωρείται ότι είναι από τα πλέον τοξικά και καρκινογόνα στοιχεία. Το άσχημο με το χρώμιο και το νικέλιο είναι ότι επειδή περιέχονται σε σχετικά ψηλές συγκεντρώσεις στα ορυκτά καύσιμα εντοπίζονται στις εξατμίσεις των οχημάτων. Από εκεί καταλήγουν απ' ευθείας στον άνθρωπο μέσω του αναπνευστικού συστήματος ή με απόθεση πίσω στο περιβάλλον. Η ομάδα των Ewen, Anagnostopoulou και Ward (2009) αναφέρει ότι ο χαλκός (Cu) είναι τοξικός σε μεγάλες ποσότητες. Μπορεί να προκαλέσει φυσικές και ψυχολογικές ανωμαλίες και ότι συσχετίζεται με υπογλυκαιμία και αναιμία. Ακόμη βρέθηκε, ότι ο χαλκός μπορεί να προκαλέσει μαθησιακές δυσκολίες και φαινόμενα υπερκινητικότητας, ιδιαίτερα σε παιδιά. Βρήκαν επίσης ότι αν και σε μικρές ποσότητες το μαγγάνιο (Mn) συμμετέχει στις βιοχημικές διεργασίες, σε μεγαλύτερες, μεταφέρεται άμεσα στον εγκέφαλο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νευρολογικές ανωμαλίες. Ακόμη μπορεί να απορροφάται στη θέση του σιδήρου προκαλώντας αναιμία. Ο ψευδάργυρος (Zn) σε μεγάλες δόσεις προκαλεί αναιμία, καθυστέρηση στην ανάπτυξη, αυξάνει τις λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL) με αποτέλεσμα να

αυξάνεται η χοληστερόλη στο αίμα. Ο κασσίτερος ως στοιχείο δεν θεωρείται επικίνδυνο. Εντούτοις, οι οργανικές ενώσεις του κασσίτερου (Sn) έχουν μεγάλη βιοσυσσωρευτική ικανότητα και επομένως προκαλούν νευρολογικές δυσλειτουργίες (Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ., 1998).

δ) Χλωριούχες ενώσεις

Οι χλωριούχες ενώσεις που απαντώνται στα όμβρια ύδατα οφείλονται στα άλατα που ρίχνονται για αντιπηκτικά (antifreeze) υλικά στους δρόμους τους χειμερινούς μήνες. Οι επιπτώσεις της ύπαρξης ψηλών συγκεντρώσεων αλάτων είναι η υποβάθμιση της ποιότητας των νερών με συνέπεια να μην μπορεί να καταναλωθεί από ζώα και φυτά. Τα φυτά έχουν συγκεκριμένη ανθεκτικότητα σε συγκεντρώσεις χλωριούχων αλάτων ανάλογα με το είδος και την ποικιλία τους (Gobel et al., 2007). Νερά με ψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχων αλάτων μπορούν να επηρεάσουν επικίνδυνα τη βιοποικιλότητα της περιοχής.

ε) Βακτηριακή επιμόλυνση

Μετά από βροχόπτωση αυξάνεται αισθητά η συγκέντρωση των *βακτηρίων* στο τρεχούμενο νερό λόγω ξεπλύματος του οδικού δικτύου. Μερικά από τα βακτήρια που εντοπίζονται και έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι τα παθογόνα *Campylobacter* sp., *Legionella* sp. and *Staphylococcus aureus* (Lampard et al., 2012). Οι Kayhanian et al. (2012b) αναφέρουν τη χρήση του αριθμού βακτηριδίων εντερικής προέλευσης (Fecal coliforms) ως περιβαλλοντικό δείκτη για τη παρακολούθηση του βαθμού επιμόλυνσης. Στην οικογένεια των βακτηριδίων αυτών ανήκουν ο εντερόκοκκος και η τα *E.coli*. Αντίστοιχα η επιστημονική ομάδα των Wu et al. (2011) παρουσίασε τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου των όμβριων υδάτων για περίοδο 40 ετών. Επιμόλυνση με τα προαναφερθέντα βακτήρια μπορεί να προκαλέσει βαριάς μορφής γαστρεντερίτιδα, διάρροιες, εμετούς, πνευμονία κ.α. Τα νερά που περιέχουν τα βακτήρια αυτά απαιτούν διαχείριση (απολύμανση) για προστασία του πληθυσμού (Hata et al., 2014; Price et al., 2013).

στ) Οργανικές ενώσεις

Πολλές μελέτες έχουν γίνει και για *οργανικούς ρύπους* όπως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) και πολυχλωριομένες ενώσεις (PCBs) (Tromp et al., 2012; Zang et al., 2010, Mahbub, 2011). Οι πολυαρωματικές ενώσεις είναι πολύ τοξικές με καρκινογόνο δράση. Οι οργανικές ενώσεις είναι περισσότερο λιποδιαλυτές παρά υδατοδιαλυτές και γι' αυτό το λόγο από τα νερά περνούν εύκολα στους λιπαρούς ιστούς των ζώων και του

ανθρώπου. Η δυσκολία στην αποβολή τους καθώς και η σταθερότητα των ενώσεων αυτών οδηγεί σε βιοσυσσώρευση με πολύ δυσμενής αποτελέσματα για τους τελικούς αποδέκτες όπως είναι ο άνθρωπος (Κουιμτζής Θ., Φυτιανός Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ., 1998).

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO, 2011) προτείνει ως μέγιστα επιτρεπτά όρια για το καρκινογόνο Benzo[a]pyrene τη συγκέντρωση των 0,0007 mg/L. Η ομάδα των Fischer et al. (2000) έδειξαν ότι η συγκέντρωση των πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs) και γενικά των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) μεγαλώνει όσο πιο κοντά πλησιάζει κανείς σε ένα αυτοκινητόδρομο. Μάλιστα έδειξαν ότι στην ατμόσφαιρα είναι δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη η συγκέντρωση των PAHs και VOCs κοντά σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους σε σχέση με μικρά οδικά δίκτυα.

Ένα μεγάλο πρόβλημα που δημιουργούν οι αέριοι υδρογονάνθρακες είναι το φωτοχημικό νέφος που προκαλεί με τη σειρά του τη δημιουργία δευτερογενών αέριων ρύπων όπως του ανεπιθύμητου όζοντος χαμηλά στο έδαφος.

ζ) Αέριοι ρύποι

Οι αέριοι ρύποι που συναντώνται στην ατμόσφαιρα είναι διάφορα οξείδια όπως του θείου (SO₂), αζώτου (NO_x), άνθρακα (CO), αιωρούμενα σωματίδια, αέριοι υδρογονάνθρακες. Κύρια πηγή προέλευσης τους είναι η ανθρωπογενής δραστηριότητα όπως η εκπομπές από αυτοκινητόδρομους (EEA, 2006; Αραβαντίνος Α., 1999).

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) που προέρχεται από ατελής καύσεις (όπως συμβαίνει στους κινητήρες των αυτοκινήτων) αποτελεί δηλητήριο για τον άνθρωπο, γιατί δεσμεύεται ισχυρότερα από την αιμογλοβίνη από ότι το οξυγόνο και έτσι χάνεται η ικανότητα του αίματος για μεταφορά του οξυγόνου. Τα εκπεμπόμενα αέρια H₂S, SO₂, SO₃, N₂O, NO₂, N₂O₅, NO είναι τοξικά, ερεθιστικά και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα. Ορισμένα μπορούν να επηρεάσουν τη φυτική παραγωγή (SO₂, SO₃) και άλλα (N₂O, NO₂, N₂O₅) να προκαλέσουν δευτερογενή μόλυνση με δημιουργία όζοντος (O₃).

Οι αέριοι ρύποι, μπορούν να αποτεθούν πίσω στο οδικό δίκτυο ή την γύρω περιοχή, είτε με απ' ευθείας επικάθιση λόγω βαρύτητας είτε με υγρή απόθεση μέσω βροχής (Jeng et al. 2005). Μια πολύ άσχημη συνέπεια αυτού είναι η δημιουργία *όξινης βροχής*. Οι επιπτώσεις του φαινομένου της όξινης βροχής έχει συνδεθεί με πολλά συστατικά της βιόσφαιρας όπως το έδαφος, τα δάση,

τις λίμνες, τα κτίρια και μνημεία. Η οξύτητα του εδάφους επηρεάζεται από την όξινη βροχή. Τα ιόντα υδρογόνου, οι ρίζες των θεικών και νιτρικών όταν πέφτουν στο έδαφος αλλάζουν την ισορροπία των ιόντων του εδάφους και επομένως αλλάζουν τη φυσική και χημική συμπεριφορά του. Φυτά ξηραίνονται και ζώα πεθαίνουν από το όξινο νερό. Ακόμη μνημεία που διατηρήθηκαν στους αιώνες διαβρώνονται και χάνονται από την όξινη βροχή.

η) Αισθητική ρύπανση.

Πολλά σκουπίδια που κυκλοφορούν στους δρόμους μετά από μια έντονη βροχόπτωση μεταφέρονται σε άλλες περιοχές. Το πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση είναι η αντιαισθητική εικόνα που παρουσιάζεται λόγω της παρουσίας των σκουπιδιών (Erickson, Weiss and Gulliver, 2013). Τα σκουπίδια που συνήθως μεταφέρονται με το νερό είναι πλαστικά σακούλια, μπουκάλια, γόπες, χαρτιά κτλ. Αν τα όμβρια ύδατα των αυτοκινητόδρομων καταλήξουν σε ευαίσθητη οικολογική περιοχή όπως είναι μια λίμνη τότε μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα στους οργανισμούς του οικοσυστήματος. Χαρακτηριστικό είναι η θανάτωση των θαλάσσιων χελωνών από παρουσία σακουλιών στο θαλάσσιο τους περιβάλλον. Αυτό γίνεται γιατί στα μάτια τους τα σακούλια που επιπλέουν μοιάζουν με τις θαλάσσιες τσούχτρες που αποτελούν τροφή τους.

Η φωτορύπανση και η ηχορύπανση από τους δρόμους μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας στους ανθρώπους και αλλαγή στη βιοποικιλότητα της περιοχής. Καπνός, σκόνη-αιωρούμενα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα γύρω από δρόμους προκαλούν μειωμένη ορατότητα και αναπνευστικά προβλήματα.

2.5 Επιβάρυνση των υδάτινων μαζών

Βρέθηκε ότι τα ρυπασμένα όμβρια ύδατα ενός οδικού δίκτυο μπορεί να μεταφερθούν και να επιβαρύνουν σημαντικά τους υδάτινους αποδέκτες μιας περιοχής (Ladislas et al., 2012; Brown and Peake, 2006). Οι αποδέκτες αυτοί μπορεί να είναι επιφανειακά νερά (όπως λίμνες, ποτάμια, θάλασσα) ή υπόγεια νερά. Οι ρύποι που μεταφέρονται στα όμβρια ύδατα από τους δρόμους αναφέρθηκαν στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Εν συντομία να αναφερθεί ότι στις απορροές μπορεί να περιέχονται σκουπίδια, διάφορα στοιχεία, αιωρούμενα σωματίδια, λάδια-πετρελαιοειδή ή αέριους ρύπους που διαλύονται/μεταφέρονται από την βροχή πίσω στο έδαφος όπως διαλυτά βαρέα μέταλλα, οξείδια, οργανικές ενώσεις (Karlsson et al., 2010).

Ο μηχανισμός μεταφοράς των ρύπων από τους δρόμους (και το περιβάλλον τους) γίνεται κυρίως με φαινόμενα διάλυσης, διασποράς, ρόφησης, μεταφοράς, απόθεσης και διάχυσης. Τελικός αποδέκτης των ρύπων είναι υδάτινες μάζες- επιφανειακά νερά ή υπόγεια. Με το νερό της βροχής μεταφέρονται διαλυμένοι ρύποι, Με μηχανικό τρόπο μεταφέρονται στερεά, υγρά ή και αέρια όπως σκόνη, λάδια, σκουπίδια, αιωρούμενα σωματίδια (με άνεμο). Οι αέριοι ρύποι μπορούν να μεταφερθούν με φαινόμενα διάχυσης σε μακρινές αποστάσεις και στη συνέχεια με υγρή ή και ξηρή απόθεση επικάθονται σε άλλες περιοχές (Κουιμτζής κ.α, 1998).

2.6 Μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος

Η αμερικάνικη υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος (USEPA, 1983) μετά την έρευνα που εκτέλεσε για προσδιορισμό της έκτασης της ρύπανσης των υδάτινων μαζών στην επικράτεια των ΗΠΑ, έδωσε κάποιες πιθανές λύσεις ώστε να αμβλυνθεί το πρόβλημα. Σύμφωνα ακόμη και με την ερευνητική ομάδα του Γιαννόπουλου (2005) τα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία. Προτείνουν την αντιμετώπιση του προβλήματος από την πηγή προέλευσης του. Προτείνουν δηλαδή να γίνονται *δομικά έργα* για διαχείριση των όμβριων υδάτων στο επίπεδο του οδικού δικτύου. Η ιδέα στη λύση είναι ότι αφού οι περισσότεροι ρύποι προσκολλώνται στα στερεά (TSS) τότε ελέγχοντας τη ποσότητα τους θα μειωθεί και η συγκέντρωση των ρύπων (Gnecco et al., 2005). Δηλαδή σκοπός των συγκεκριμένων δομικών έργων είναι η καταβύθιση και η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Το επιβαρημένο με οργανικούς ρύπους νερό μπορεί να καθαριστεί μηχανικά αφού περάσει από αμμόφιλτρα ή κάτι ανάλογο ώστε να προσροφηθούν τα οργανικά στα στατικά στερεά. Συνοπτικά τα έργα που προτείνονται για μείωση των ρύπων από τα όμβρια ύδατα είναι (USEPA, 1983; Yiannopoulos et al, 2005 & 2012; Thorkild et al., 2010; Erikson et al., 2013; Bian et al., 2011):

Έργα συγκράτησης όπως Λεκάνες συγκράτησης, Εκτεταμένες λεκάνες συγκράτησης και υγρές λεκάνες.

Έργα διήθησης που περιλαμβάνουν τα πορώδη οδοστρώματα, τα φρεάτια διήθησης, τις τάφρους διήθησης και τις λεκάνες διήθησης.

Έργα διύλισης όπως φίλτρα άμμου με επιλογή φύτευσης του πάνω στρώματος.

Έργα με βλάστηση που περιλαμβάνουν τις τάφρους με φυτική βλάστηση και τις λωρίδες με φυτική βλάστηση

Τεχνητοί υδροβιότοποι που περιλαμβάνουν ρηχές λιμνούλες στις οποίες φυτεύονται υδροχαρή φυτά που έχουν την ικανότητα να αποικοδομούν σημαντικό ρυπαντικό φόρτο.

2.7 Διεθνής πραγματικότητα

Μελέτες που να αφορούν το θέμα έχουν γίνει κατά καιρούς σε παγκόσμιο επίπεδο. Πρώτη συστηματική έρευνα που έγινε ώστε να καταγραφούν και να παρουσιαστούν τα επίπεδα των ρύπων που προέρχονται από τους δρόμους ήταν το την περίοδο 1972 - 1982 από την αμερικάνικη υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος (EPA). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι απορροές υδάτων από τους δρόμους είναι επιβαρημένες με ρύπους που δυνητικά μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα των αποδεκτών τους. Ο κίνδυνος απειλεί επιφανειακά και υπόγεια νερά. Βρήκαν επίσης ότι οι ρύποι εξαρτώνται και από τη χρήση γης γύρω από το οδικό δίκτυο. Δηλαδή οι ρύποι που εντοπίζονται στα όμβρια ύδατα των δρόμων δεν προέρχονται μοναχά από τη χρήση των δρόμων αλλά και από τις διεργασίες που γίνονται κοντά στο οδικό δίκτυο. Μέτρησαν παραμέτρους ρύπανσης όπως BOD₅, COD, TSS, TKN, ολικό P, Pb, Cu, Zn και βρήκαν ότι υπήρχε διαφορά στις μέσες τιμές των ρύπων για δύο περιοχές λόγω της διαφορετικότητας στη χρήση γης.

Ακόμα, πρόσφατες μελέτες, που έγιναν για το ίδιο πρόβλημα, έδειξαν παρόμοια συμπεράσματα. Έγιναν προσδιορισμοί για τις ίδιες αλλά και για άλλες παραμέτρους, μελετήθηκαν οι συγκεντρώσεις των ρύπων σε σχέση με πρώτες πλύσεις (first flush), το χρόνο που γινόταν η δειγματοληψία και πολλά άλλα. Αναλυτικότερα:

Οι Christensen et al. (2006) αναφέρουν ότι η τοξικότητα του νερού από τις απορροές των δρόμων είναι μεγαλύτερη από αυτή σε απορροές των κατοικημένων περιοχών. Αν αναλογιστεί κανείς τι εντοπίζει στα όμβρια ύδατα των κατοικημένων περιοχών καταλαβαίνει πόσο επιβαρημένα είναι τα νερά των όμβριων υδάτων από τα οδικά δίκτυα.

Ο Kayhanian και οι συνεργάτες του (2008) δούλεψαν στο θέμα και έδειξαν τη σημασία των πρώτων πλύσεων. Σε ποσοστό 50% από την τοξικότητα του νερού απορρέει στις πρώτες πλύσεις με 20% του συνολικού νερού που απαιτείται για πλήρη απομάκρυνση. Ο ίδιος (Kayhanian, 2012a) έδειξε ότι επιφανειακά το έδαφος κοντά σε δρόμους είναι κατά πολύ επιβαρημένο με μόλυβδο από ότι σε βαθύτερα στρώματα και ότι συσχετίζεται κατά πολύ με τις απορροές από τους

αυτοκινητόδρομους. Σε άλλη εργασία του ίδιου (Kayhanian, 2012b) αναφέρεται ότι ο μόλυβδος μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου λόγω χρήσης αμόλυβδης βενζίνης και ότι τα περισσότερα μέταλλα και ο φωσφόρος παρουσιάζονται σε διαλυτή και αδιάλυτη μορφή. Αναφέρει ότι τα βαρέα μέταλλα στα όμβρια ύδατα των αυτοκινητόδρομων της Ασίας είναι κατά 50% πιο επιβαρημένα από την Αμερική. Αντίστοιχα στην Ευρώπη είναι κατά 30 % πιο επιβαρημένα τα νερά σε σχέση πάντα με την Αμερική.

Η ερευνητική ομάδα του Terzaki et al. (2008) μελέτησε περιοχή που προσομοιάζει πολύ με τη Κύπρο και συγκεκριμένα το νησί της Κρήτης. Σαν νησί η Κρήτη μπορεί να συγκριθεί σε μεγάλο βαθμό με τη Κύπρο. Έχουν παρόμοιο μέγεθος, βρίσκονται γεωγραφικά στην ίδια περιοχή και έχουν παρόμοιες καιρικές συνθήκες. Ο Τερζάκης και η ερευνητική του ομάδα (2008) εργάστηκαν σε πιλοτικό επίπεδο πάνω σε σύστημα διαχείρισης όμβριων υδάτων σε πολυσύχναστο δρόμο μεταξύ του Ηρακλείου και της τουριστικής περιοχής της Χερσονήσου. Κατέγραψαν τη συγκέντρωση των ρύπων πριν και μετά από τη διαχείριση των όμβριων υδάτων. Μετά τη διαχείριση του εισερχόμενου ρεύματος νερού (influent), μειώθηκαν οι ρύποι αρκετά - κατά το μισό περίπου της αρχικής συγκέντρωσης. Όσον αφορά τη συγκέντρωση των ρύπων στα όμβρια ύδατα φαίνονται στον πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Συγκέντρωση ρύπων σε στα όμβρια ύδατα του οδικού δικτύου της Κρήτης

	Μέση Τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
COD (mg/L)	99	42	256
TSS (mg/L)	199	34	400
pH	---	6,75	8,31
EC (μS/cm)	172	14	295
TN (mg/L)	3,0	0,4	7,3
N-NO3 (mg/L)	0,6	0,2	0,9
T.Phosphorous (mg/L)	3,4	0,5	8,5
Cu (μg/L)	53	4	226
Ni (μg/L)	83	11	281
Pb (μg/L)	56	7	173
Zn (μg/L)	243	109	667
PAHs Σ6 (μg/L)	0,51	0,07	1,45
PAHs Σ16 (μg/L)	12,01	2,66	22,19

2.8 Η περίπτωση της Κύπρου

Η Κύπρος έχει έκταση 9,254 τετραγωνικά χιλιόμετρα και βρίσκεται στη νότιο-ανατολική περιοχή της Μεσογείου, με γεωγραφικό πλάτος 35° και γεωγραφικό μήκος 33°. Στην επίδραση της

θάλασσας οφείλεται το ωραίο μεσογειακό κλίμα της Κύπρου. Χαρακτηριστικά του κλίματος της Κύπρου είναι το ζεστό, ξηρό καλοκαίρι (από το Μάιο μέχρι Σεπτέμβριο) και ο βροχερός, ήπιος χειμώνας (από το Νοέμβριο μέχρι Μάρτιο).

Στη διάρκεια του καλοκαιριού η Κύπρος ως περιοχή της ανατολικής Μεσογείου χαρακτηρίζεται από ψηλές θερμοκρασίες και ξηρές περιόδους. Η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλή με μέση τιμή που δεν ξεπερνά το 5% της μέσης ολικής βροχόπτωσης του χρόνου ολόκληρου. Στη διάρκεια του χειμώνα η Κύπρος επηρεάζεται από συχνές ήπιες βροχοπτώσεις. Η συνολική μέση βροχόπτωση το χειμώνα αντιστοιχεί περίπου στο 60% της ετήσιας βροχόπτωσης.

Το υδατικό δυναμικό της Κύπρου είναι περιορισμένο και στηρίζεται αποκλειστικά στις βροχοπτώσεις. Εξαιρέση στον κανόνα αποτελούν οι πρόσφατες μονάδες αφαλάτωσης. Το κλίμα της Κύπρου ευνοεί ψηλή εξάτμιση που σε συνδυασμό με τη χαμηλή βροχόπτωση περιορίζει σοβαρά τους υδάτινους πόρους του νησιού. Σύμφωνα με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου (moa, 2011), η μέση ετήσια βροχόπτωση για την Κύπρο κυμαίνεται στα 503 mm ενώ για την ίδια χρονική περίοδο, στη Λάρνακα (περιοχή αεροδρομίου), η μέση βροχόπτωση ήταν χαμηλότερη και ίση με 343,5 mm (moa, 2005).

Επιφανειακά νερά.

Σύμφωνα με στρατηγική μελέτη για τη βιοποικιλότητα στη Κύπρο που έγινε για τις ανάγκες του Τμήματος Περιβάλλοντος (moa, 2012b), οι ποταμοί της Κύπρου ρέουν από το Δεκέμβρη μέχρι το τέλος του Μάη (ως χείμαρροι) με εξαίρεση ορισμένους σε ψηλό υψόμετρο (με υψόμετρο πάνω από 1000 m) που ρέουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τα περισσότερα ποτάμια και πηγές προέρχονται από την οροσειρά του Τροόδους. Μετά από χημική χαρτογράφηση των ποταμών και λιμνών της Κύπρου διαφάνηκε ότι υπάρχουν ποτάμια που η χημική τους ποιότητα υποβαθμίστηκε και είναι κατώτερη από καλή (WDD, 2011b). ο χάρτης παρουσιάζεται στο παράρτημα Α.2.5. Καταγράφηκαν συνολικά 216 ποτάμια υδάτινα σώματα, εκ των οποίων τα 49 προσδιορίστηκαν προσωρινά ως ιδιαίτερα τροποποιημένα (WDD, 2004). Η ροή των ποταμών και των νερών από βροχόπτωση ακολουθεί το εδαφικό ανάγλυφο.

Όπου υπάρχει δυνατότητα η φυσική ροή των ποταμών ανακόπηκε με κατασκευή φραγμάτων με σκοπό την αύξηση του υδατικού αποθεματικού. Υπάρχουν 100 φράγματα στο νησί με συνολική χωρητικότητα που ξεπερνά τα 300 εκατομμύρια m³. Οι μεγάλες πηγές της Κύπρου είναι περίπου 300 ενώ οι πιο μεγάλες απ' αυτές (29), ονομάζονται κεφαλόβρυσσα. Οι βασικές φυσικές λίμνες της Κύπρου είναι οι 4 Αλυκές της Λάρνακας και η Αλυκή της Λεμεσού (moa, 2012b).

Υπόγεια νερά

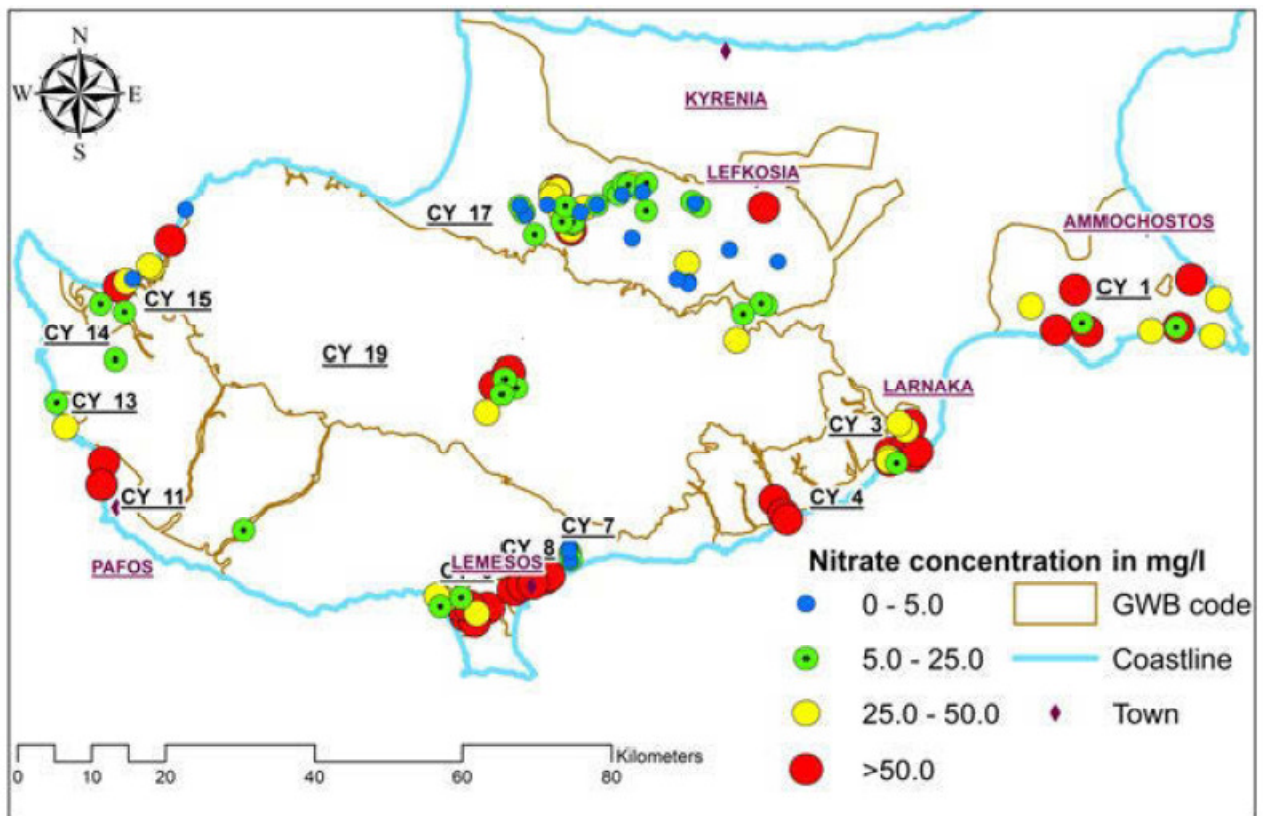
Τα υπόγεια ύδατα της Κύπρου είναι σε αρκετά επιβαρημένη κατάσταση λόγω υπεράντλησης και μειωμένης ανανέωσης (λόγω μειωμένης βροχοπτώσης). Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα υπόγεια ύδατα της Κύπρου με τρόπο που να φαίνεται η κατάσταση τους όσον αφορά το αποθεματικό, τη χημική ποιότητα και τη συνολική εικόνα τους. Να σημειωθεί ότι η περιοχή μελέτης εμπίπτει στο τομέα CY-3 (περιοχή Κιτίου). Αναλυτικά ο χάρτης των υπόγειων υδάτων για ολόκληρη την Κύπρο καθώς και για την περιοχή μελέτης φαίνονται στο παράρτημα Α.2.5 και Α.2.6 (WDD, 2012, WDD, 2011a). Ο υδρολογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής δείχνει ότι τα υπόγεια ύδατα εμπλουτίζονται κυρίως από τον υδατοφόρο Κιτίου. Στον ίδιο χάρτη φαίνονται γύρω στις 30 γεωτρήσεις όπου πάρθηκαν δείγματα υπόγειων νερών για χημική χαρτογράφηση ως προς χλωριούχο νάτριο. Οι γεωτρήσεις αυτές χρησιμοποιούνται για άρδευση της περιοχής σε ενίσχυση της παροχής από το νότιο αγωγό (WDD, 2013a).

Πίνακας 2.3: Κατάσταση υπόγειων υδάτων Κύπρου (WDD, 2011b)

Κωδικός Σώματος	Ονομασία	Ποσοτική Κατάσταση	Χημική Κατάσταση	Συνολική Κατάσταση
CY-1	Κοκκινοχώρια	✘*	✘	✘
CY-2	Αραδίππου	✓*	✓	✓
CY-3	Κίτι-Περβόλια	✘	✘	✘
CY-4	Σοφτάδες-Βασιλικός	✘	✘	✘
CY-5	Μαρώνι	✘	✓	✘
CY-6	Μαρί-Καλό Χωριό	✘	✓	✘
CY-7	Γερμασόγεια	✓	✓	✓
CY-8	Λεμεσός	✘	✘	✘
CY-9	Ακρωτήρι	✘	✘	✘
CY-10	Παραμάλι-Αυδήμου	✘	✓	✘
CY-11	Πάφος	✓	✓	✓
CY-12	Λετύμβου-Γιόλου	✘	✘	✘
CY-13	Πέγεια	✘	✓	✘
CY-14	Ανδρολίκου	✓	✓	✓
CY-15	Χρυσοχού-Γυαλιά	✘	✘	✘
CY-16	Πύργος	✘	✘	✘
CY-17	Κεντρική & Δυτική Μεσαορία	✘	✓	✘
CY-18	Λεύκα-Πάχνα	✘	✓	✘
CY-19	Τρόδος	✘	✓	✘

*✘=Κακή, *✓=Καλή

Τα υπόγεια νερά της περιοχής είναι επιβαρυμένα με νιτρικά άλατα λόγω της γεωργικής δραστηριότητας (Christophi, C. and Constantinou, C. A., 2011).



Σχήμα 2.1: Συγκέντρωση νιτρικών στα υπόγεια ύδατα (Christophi and Constantinou, 2011).

Στα πλαίσια της εφαρμογής της ευρωπαϊκής οδηγίας πλαίσιο, για την προστασία των νερών 2000/60/EC, εκπονήθηκε για λογαριασμό του τμήματος αναπτύξεως υδάτων μελέτη για την εκτίμηση της υφιστάμενης ποιότητας των υδάτων καθώς και για τις επιβαρύνσεις-πιέσεις που ασκούνται σ' αυτές από διάφορους παράγοντες (WDD, 2004). Η μελέτη εκπονήθηκε από κοινοπραξία που αποτελείται από τους WL, Delft Hydraulics, ENVECO A.E. και Δ, Αργυρόπουλος & συνεργάτες και περιλάμβανε πλειάδα επιστημόνων-συνεργατών. Στη μελέτη (WDD, 2004), αναφέρονται πηγές επιβάρυνσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της Κύπρου. Όσον αφορά τις επιβαρύνσεις των υδάτινων αποδεκτών της Κύπρου από τα όμβρια ύδατα, αναφέρεται ότι το οδικό δίκτυο αποτελεί μη σημειακή πηγή εκπομπής ρύπων. Το ίδιο αναφέρεται και από τον Γιαννόπουλο και τους συνεργάτες του (2012) για μελέτη που έγινε για την περίπτωση όμβριων υδάτων στην Θεσσαλονίκη. Στη μελέτη που έγινε στη Κύπρο (WDD, 2004), χρησιμοποιήθηκε ένα απλό μαθηματικό μοντέλο που εφαρμόζεται εκτενώς στις Ηνωμένες Πολιτείες για το σχεδιασμό της Διαχείρισης Όμβριων Υδάτων. Το μοντέλο υπολογίζει τα φορτία ρύπων για χημικά συστατικά ως προϊόντα του ετήσιου όγκου απορροής και συγκέντρωσης ρύπων ως ακολούθως (βάσει του αμερικανικού συστήματος μέτρησης):

$$L = 0,226 \cdot R \cdot C \cdot A$$

- Όπου :
- L = Ετήσιο φορτίο (lbs)
 - R = Ετήσια απορροή (βροχόπτωση) (inches)
 - C = Συγκέντρωση ρύπων (mg/L)
 - A = Επιφάνεια (acres)
 - 0,226 = Συντελεστής μετατροπής της μονάδας

Είναι εμφανές, ότι για να χρησιμοποιηθεί η σχέση, προαπαιτείται να είναι γνωστή η συγκέντρωση των ρύπων C (σε mg/L). Στη περίπτωση της Κύπρου, δεν υπάρχουν επαρκής δεδομένα από τη βιβλιογραφία για τις συγκεντρώσεις των ρύπων. Γι' αυτό το λόγο, έγινε κατά προσέγγιση εκτίμηση για τις συγκεντρώσεις των ρύπων από αντίστοιχα δεδομένα που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία που να αφορούν άλλες περιοχές. Τα αποτελέσματα όπως εξάχθηκαν εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα. Με αυτές τις παραδοχές συμπληρώθηκε ο πίνακας 2.4.

Πίνακας 2.4: Φορτία ρύπανσης των απορροών όμβριων υδάτων Κύπρου (WDD, 2004)

	TSS (t/έτος)	COD (t/έτος)	TN (t/έτος)	TP (t/έτος)	Cu (t/έτος)	Pb (t/έτος)	Zn (t/έτος)	Λίπη/έλαια (t/έτος)
Αστικές περιοχές	1236,53	2041,99	45,38	5,89	0,25	1,16	2,93	
Βιομηχ. Περιοχές	343,19	514,75	6,86	0,90	0,33	0,66	3,41	
Αεροδρόμιο	39,84	27,63	0,48	0,13	0,01	0,01	0,02	2,30
Σύνολο	1619,56	2584,37	52,72	6,92	0,59	1,83	6,36	

Στη Κύπρο δεν χρησιμοποιούνται αποπαγωγικά υλικά παρά μόνο σε μεμονωμένες ορεινές περιοχές όπου χρησιμοποιούνται κατά τις πολύ ψυχρές ημέρες. Ρίχνεται αλάτι στους δρόμους όπου υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού παγετών.

Σύμφωνα με τον νόμο N.106(1)/2002 «Ο περί ελέγχου της ρύπανσης των νερών νόμος του 2002» η ποιότητα ενός επεξεργασμένου νερού πριν να απορριφθεί σε δεξαμενή που προορίζεται για άρδευση οι συγκεντρώσεις των διαφόρων ρύπων πρέπει να είναι μικρότερες αυτών του πίνακα 2.5. Είναι αυτονόητο ότι η ποιότητα των όμβριων υδάτων που καταλήγουν για άρδευση πρέπει να έχει αντίστοιχη ή καλύτερη ποιότητα. Τονίζεται ότι τα όρια του πίνακα είναι για νερά άρδευσης και όχι ύδρευσης.

Πίνακας 2.5: Ποιότητα νερών άρδευσης

Παράμετρος	Μέγιστη συγκέντρωση	Μονάδες
BOD ₅	10	mg/L
TSS	10	mg/L
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	2000	μS/cm
Ολικό Άζωτο	15	mg/L
Λίπη και έλαια	5	mg/L
Εντερικά κολοβακτηρίδια	5	στα 100 mL
Αυγά εντερικών Παρασίτων	απουσία	L
Υπολειπόμενη Χλωρίνη	2	mg/L
Αλουμίνιο (Al)	5	mg/L
Αρσενικό (As)	0,1	mg/L
Βηρύλλιο (Be)	0,1	mg/L
Βόριο (B)	0,75	mg/L
Κοβάλτιο (Co)	0,05	mg/L
Χαλκός (Cu)	0,2	mg/L
Σίδηρος (Fe)	5	mg/L
Μόλυβδος (Pb)	5	mg/L
Λίθιο (Li)	2,5	mg/L
Μαγγάνιο (Mn)	0,2	mg/L
Μολυβδαίνιο (Mo)	0,01	mg/L
Νικέλιο (Ni)	0,2	mg/L
Σελήνιο (Se)	0,02	mg/L
Βανάδιο (V)	0,1	mg/L
Ψευδάργυρος (Zn)	2	mg/L
Υδράργυρος (Hg)	0,005	mg/L
Χρώμιο (Cr)	0,1	mg/L
Κάδμιο (Cd)	0,01	mg/L

Σημείωση: 1 mg/L (ppm) = 1000 μg/L (ppb)

Για πόσιμα νερά τα όρια είναι κατά πολύ πιο χαμηλά όπως καθορίζει ο νόμος Ν.87(Ι)2001 (Ποιότητα πόσιμου νερού). Να αναφερθεί ότι στο νόμο αναφέρονται και άλλοι ρύποι όπως οργανικές ενώσεις (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα κα) που δεν παρουσιάζονται στον πίνακα 2.6 λόγω του ότι δεν προσδιορίστηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

Στους δύο πίνακες (2.,5 και 2.6) παρουσιάζονται τα όρια για τη χρήση των νερών ως έχουν. Τονίζεται ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους ρύπους έχουν προσθετική – συσσωρευτική δράση. Για παράδειγμα μια ποσότητα βαρέων μετάλλων που καταλήγει σε μια λίμνη δεν αποικοδομείται αλλά παραμένει εκεί. Μια νέα ποσότητα που θα καταλήξει εκεί θα προστεθεί στη είδη υπάρχουσα συγκέντρωση.

Πίνακας 2.6: Ποιότητα νερών ύδρευσης [Ν.87(Ι) / 2001]

Παράμετρος	Μέγιστη συγκέντρωση	Μονάδες
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	2500	μS/cm
Υδρογονοκατιόντα (pH)	6,5-9,5	---
Εντερικά κολοβακτηρίδια	0	στα 100 mL
Αμμώνιο (NH ₄)	0,5	mg/L
Θειικά (SO ₄)	250	mg/L
Νιτρικά (NO ₃)	50	mg/L
Νιτρώδη (NO ₂)	0,5	mg/L
PAHs	0,1	μg/L*
Αλουμίνιο (Al)	0,2	mg/L
Αρσενικό (As)	0,010	mg/L
Βόριο (B)	1	mg/L
Χαλκός (Cu)	2	mg/L
Σίδηρος (Fe)	0,2	mg/L
Μόλυβδος (Pb)	0,010	mg/L
Μαγγάνιο (Mn)	0,050	mg/L
Νικέλιο (Ni)	0,020	mg/L
Υδράργυρος (Hg)	0,001	mg/L
Χρώμιο (Cr)	0,050	mg/L
Κάδμιο (Cd)	0,005	mg/L

*Σημείωση: 1000 μg/L (ppb) = 1 mg/L (ppm)

Οι απορροές των όμβριων υδάτων αποτελούν σημαντικό παράγοντα υποβάθμισης των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων (Zanders, 2005; Li et al., 2007; Brown and Peake, 2006). Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται όταν τα όμβρια ύδατα καταλήγουν σε προστατευμένες περιοχές, όπως περιοχές Natura (SCI ή/και SPA) ή όταν καταλήγουν σε υγροβιότοπους προστατευμένους από τη συνθήκη Ramsar. Το Υπουργείο Εσωτερικών ακολουθώντας όλες τις διαδικασίες που προνοεί ο Νόμος 152(Ι)/2003 καθόρισε 29 περιοχές Natura στη Κύπρο, ως «Ζώνες Ειδικής Προστασίας, SPA». Αντίστοιχα με βάση τον περί Προστασίας και Διαχείρισης της Φύσης και της Άγριας Ζωής Νόμο 153(Ι)/2003, όπως αυτός τροποποιήθηκε από το Νόμο 131(Ι)/2006, σε εφαρμογή της κοινοτικής Οδηγίας 92/43, η Κυπριακή Δημοκρατία έχει καθορίσει 36 περιοχές ως «Τόποι Κοινοτικής Σημασίας, SCI».

Οι Αλυκές της Λάρνακας

Η περιοχή των Αλυκών Λάρνακας περιλαμβάνει σύμπλεγμα από τέσσερις αλμυρές λίμνες, που ανήκουν στην ομάδα των ειδικά προστατευμένων περιοχών (SPA) και τόπων κοινοτικής σημασίας (SCI). Η περιοχή έχει έκταση περίπου 1000 εκτάρια, εκ των οποίων τα 670 εκτάρια καλύπτονται από νερό (όταν πλημμυρίζει) και σχεδόν τα 300 εκτάρια αποτελούν αλοφυτικούς

θάμνους. Οι λιμνοθάλασσες και η αλοφυτική βλάστηση αποτελούν σημαντικά υγροτοπικά οικοσυστήματα της Κύπρου (WDD, 2011b).

Η ορνιθοπανίδα της περιοχής περιλαμβάνει περισσότερα από 100 είδη πτηνών αρκετά εκ των οποίων ανήκουν στο παράρτημα της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ. Η μεγάλη οικολογική σημασία των αλυκών είναι και ο λόγος που ως υγροβιότοπος έχει ενταχθεί στις προστατευμένες από τη συνθήκη Ramsar περιοχές. Ένα από τα σημαντικότερα είδη πτηνών που καταφεύγει στην περιοχή των αλυκών είναι το Φλαμίνγκο (*Phoenicopterus ruber*). Στις αλυκές παρουσιάζονται μεγάλη βιοποικιλότητα αποτελούμενη από πολλά είδη πανίδας και χλωρίδας όπως διάφορα ερπετά, μεγάλος αριθμός εντόμων και αρκετά είδη αλόφυτων.

Είναι γνωστό ότι οι αλυκές επικοινωνούν υπογείως μεταξύ τους καθώς και με τα υπόγεια ύδατα της περιοχής (WDD, 2011a). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι επιμολύνσεις των υπόγειων υδάτων της περιοχής να έχουν τελικό αποδέκτη τις αλυκές στο σύνολο τους. Όπως αναφέρουν οι Sanches, Sanz και Barahona (1996) και οι Venkateswara et al. (2007), οι οργανοφωσφορικές ενώσεις στα νερά επηρεάζουν σημαντικά τον πληθυσμό των γαρίδων *Artemia Salina*, που υπάρχουν στις αλυκές της Λάρνακας. Οι γαρίδες αυτές αποτελούν τη τροφή των φημισμένων φλαμίνγκο. Επίσης, όταν οι αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις καταλήξουν σε λίμνες, προκαλείται το φαινόμενο του ευτροφισμού με δυσμενείς πάλι επιπτώσεις για την υδρόβια ζωή (Mahboubeh and Mohsen, 2012; Ansari, 2011; Smith, 2010).

Το ευαίσθητο οικοσύστημα των αλυκών βρίσκεται σε συνεχή πίεση-κίνδυνο λόγω της παρουσίας του διεθνούς αερολιμένα της Λάρνακας καθώς και της έντονης οικιστικής παρουσίας. Η βόσκηση, η καλλιέργεια και η διέλευση των οχημάτων υπονομεύουν την ποιότητα της περιοχής. Έχουν γίνει έργα κατασκευής εργοστασίου αφαλάτωσης, κατασκευής και ανάπλασης νέων δρόμων, ανάπτυξης τουριστικών δραστηριοτήτων και αγροτικής δραστηριότητας. Πολύ άσχημο γεγονός είναι ότι οι αλυκές είναι αποδέκτες της απορροής μολυσμένων επιφανειακών όμβριων υδάτων από την περιοχή (WDD, 2011b).

Δάσος Ριζοελιάς

Το Εθνικό Δασικό Πάρκο Ριζοελιάς αποτελεί τόπο κοινοτικής σημασίας (SCI). Εφάπτεται του αυτοκινητόδρομου - Α3, προς το αεροδρόμιο κοντά στο κυκλικό κόμβο Ριζοελιάς (περιοχή Αραδίππου). Η συνολική έκταση που καλύπτει το πάρκο είναι 120 εκτάρια. Χαρακτηριστική είναι η χλωρίδα του πάρκου που διατηρεί επαρκώς αντιπροσωπευτικές γυψοφιλικές κοινότητες. Αυτού

του είδους φυτά απαντώνται σε εδάφη που περιέχουν γύψο και μπορούν να θεωρηθούν ως σπάνια στην Κύπρο, καθώς εμφανίζονται μόνο στους σχηματισμούς με γύψο της Κεντρικής Κύπρου και στον Πενταδάκτυλο. Στην κεντρική Κύπρο οι περισσότερες γυψοφιλικές κοινότητες έχουν μειωθεί σημαντικά και απειλούνται με εξαφάνιση. Η κήρυξη της περιοχής ως Εθνικό Πάρκο αναμένεται να βοηθήσει τη διατήρηση του εν λόγω οικοτόπου. Σήμερα απαντώνται 31 είδη πανίδας και πολλά είδη χλωρίδας εκ των οποίων 11 είναι ενδημικά (WDD, 2011b).

Απειλή για τις γυψόφιλες κοινότητες αποτελούν οι συνεχείς δεντροφυτεύσεις και γι' αυτό γίνεται προσπάθεια ελέγχου και παρεμπόδισης περαιτέρω φυτεύσεων. Επίσης σοβαρή απειλή αποτελεί το οδικό δίκτυο της περιοχής. Το οδικό δίκτυο κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια των έργων αναδάσωσης, ώστε να προστατεύει την περιοχή από πυρκαγιές και για να εξυπηρετεί το κοινό. Η χρήση του δρόμου και οι ρύποι που εκπέμπονται επηρεάζουν ως συνήθως την γύρω περιοχή. Στη περιοχή λειτουργούσε παλιά λατομείο το οποίο έχει ήδη καλυφθεί από φυσική βλάστηση. Κοντά στον τόπο υπάρχει εργοστάσιο παραγωγής γύψου, στο οποίο απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα σκόνης, η οποία επηρεάζει αρνητικά τη φυσική βλάστηση της περιοχής (WDD, 2011b).

Συχνό φαινόμενο του κλίματος της Κύπρου είναι οι μεταναστεύσεις σκόνης από γειτονικές περιοχές. Χαρακτηριστικά, το φαινόμενο, φαίνεται στη δορυφορική φωτογραφία (Παράρτημα Α.24) παρμένη από τον Terra MODIS που δείχνει καθαρά τη μετανάστευση σκόνης από γειτονικές ερημικές περιοχές. Η φωτογραφία λήφθηκε τον Οκτώβριο του 2002 για λογαριασμό της Εθνικής Υπηρεσίας Αεροναυτικής και Διαστήματος της αμερικάνικης κυβέρνησης (NASA). Σύμφωνα με τους Moore et al. (2011), η σκόνη από αργυλοπυριτικά εδάφη (π.χ. σκόνη της έρημου) ανεβάζει την αλκαλικότητα του τρεχούμενου νερού πάνω στο έδαφος. Κάτι ανάλογο αναμένεται να συμβαίνει και στη περίπτωση της Κύπρου.

Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο της Κύπρου είναι πυκνά δομημένο σε σχέση με την έκταση του νησιού (Eurostat, 2013). Έχει 37 km μεγάλων αυτοκινητόδρομων για κάθε 100 000 κατοίκους ενώ μέσος όρος στην ΕΕ είναι 13 km. Το ποσοστό αυτό είναι το ψηλότερο στην ευρωπαϊκή ένωση των 27 μελών. Αντίστοιχα έχει 30 km μεγάλων αυτοκινητόδρομων για κάθε 1000 km² εδάφους ενώ στην ΕΕ μέσος όρος είναι τα 14 km. Σύμφωνα με τις στατιστική μελέτη που παρουσιάζεται από το τμήμα δημοσίων έργων (ΤΔΕ, 2010), το οδικό δίκτυο, στις ελεύθερες περιοχές της Κύπρου αποτελείται από περίπου 8288 km με ασφαλτοστρωμένους και 4,316 km άστρωτους δρόμους. Όλοι οι αυτοκινητόδρομοι διατηρούνται σε πολύ καλή κατάσταση. Η Ευρωπαϊκή στατιστική υπηρεσία

(Eurostat, 2013), αναφέρει ότι το συνολικό μήκος των μεγάλων αυτοκινητόδρομων (motorways) είναι 276 Km. Οι μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι στο οδικό δίκτυο της Κύπρου είναι:

- A1 Λευκωσίας - Λεμεσού
- A2 Λευκωσία - Λάρνακα
- **A3 Αεροδρόμιο Λάρνακας - Παραλίμνι**
- A5 Λάρνακα - Λεμεσός
- A6 Λεμεσού - Πάφου
- A9 Λευκωσία - Αстроμερίτης (υπό κατασκευή).

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία από την Αστυνομία Κύπρου (2009) ο συνολικός αριθμός καταγεγραμμένων ατυχημάτων στο οδικό δίκτυο της Κύπρου για το 2009 ήταν 1856 ατυχήματα, με 1794 τραυματισμούς και 71 νεκρούς. Τα ατυχήματα, εκτός από τις ανθρώπινες απώλειες και τις ζημιές που προκαλούν, αποτελούν σημεία διαρροών καυσίμων και λιπαντικών στο οδικό δίκτυο.

Το τμήμα Δημοσίων Έργων σε ετήσια απογραφή της τροχαίας κίνησης για τα έτη 2010 και 2012 κατέγραψε τη συνολική κίνηση στον αυτοκινητόδρομο (A3). Στον ίδιο πίνακα 2.7, εκτός από το συνολικό αριθμό φαίνονται και το είδος των διακινούμενων οχημάτων ανά ημέρα για την περιοχή μελέτης.

Πίνακας 2.7: Ετήσια απογραφή τροχαίας κίνησης 2010 & 2012 (PWD, 2010; 2012)

ΕΤΟΣ	Δρόμος	Τμήμα	Κατεύθ/ση	Μικτή Ημερήσια Κυκλοφορία	Ιδιωτικά Οχήματα	Φορτηγά	Λεωφορεία
2010	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ - ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ	ΑΕΡΟΔΡ. ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ	10238	7771	2181	286
	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ - ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ	ΑΕΡΟΔΡ. ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	ΠΡΟΣ ΑΕΡΟΔΡ.	9911	7523	2110	278
2012	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ - ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ	ΑΕΡΟΔΡ. ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	ΠΡΟΣ ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ	10341	7849	2203	289
	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ - ΠΑΡΑΛΙΜΝΙ	ΑΕΡΟΔΡ. ΚΑΛΟ ΧΩΡΙΟ	ΠΡΟΣ ΑΕΡΟΔΡ.	10010	7598	2131	281

ΣΥΝΟΛΟ (2010) = **20149** Οχήματα / ημέρα

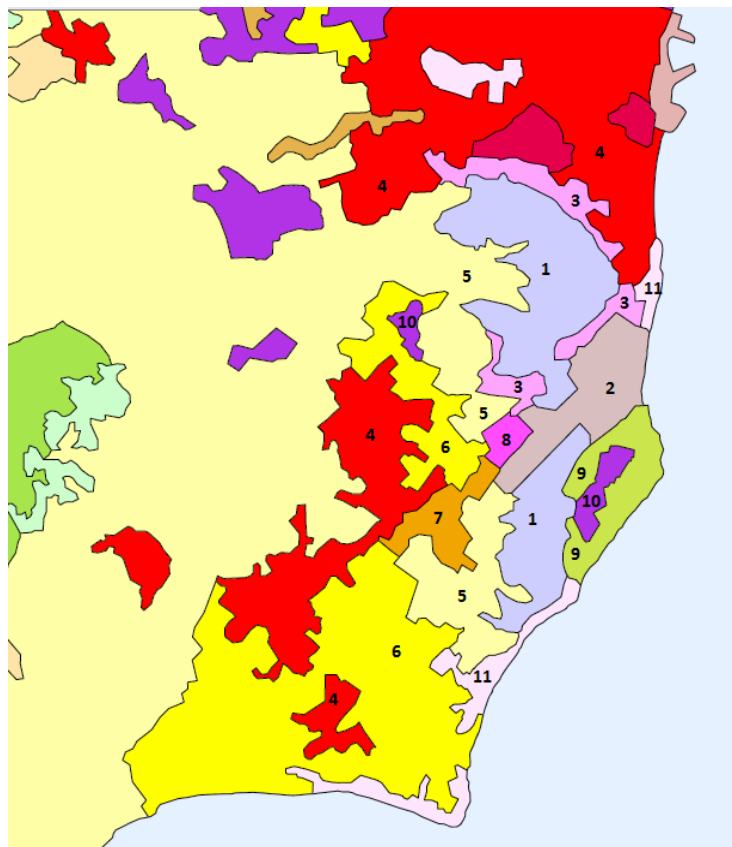
ΣΥΝΟΛΟ (2012) = **20351** Οχήματα / ημέρα

Από την απογραφή φάνηκε ότι ο πιο πολυσύχναστος δρόμος της Κύπρου είναι ο αυτοκινητόδρομος Λευκωσίας – Λεμεσού (A1) στο ύψος βιομηχανικής περιοχής Στροβόλου με Λατσία. Συνολικά και από τις δύο κατευθύνσεις για το 2012 διακινήθηκαν 64509 οχήματα.

Η Κύπρος συγκαταλέγεται στις χώρες με τη ψηλότερη κατανάλωση καυσίμων (30%) για αεροπορικές κινήσεις σε σχέση με τη συνολική ποσότητα καυσίμων που καταναλώνει (Eurostat, 2013). Αυτό πιθανότατα να οφείλεται στη τουριστική κίνηση του νησιού. Αναμένεται κοντά σε αεροδρόμια να εντοπίζονται πιο ψηλές συγκεντρώσεις ρύπων που να περιέχονται στα καύσιμα κίνησης.

Χρήση γης

Η γη στη περιοχή του αεροδρομίου Λάρνακας χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς. Μεγάλο μέρος της γης χρησιμοποιείται για τη γεωργία. Μεταξύ άλλων φυτεύονται διάφορα δημητριακά, αραβόσιτος, πατάτες. Μέρος της γης χρησιμοποιείται για οικιστικούς σκοπούς όπως κτίρια, δρόμοι, αεροδρόμιο). Το υπόλοιπο μέρος της γης αφέθηκε ως φυσικό περιβάλλον (περιοχή Natura) ή χρησιμοποιείται για αναψυχή (τουριστική περιοχή). Αναλυτικά η χρήση της γης φαίνεται στο **σχήμα 2.2**.



Σχήμα 2.2: Χρήση γης γύρω από την ευαίσθητη περιοχή (moa, 2006)

- 1 Αλυκές
- 2 Αεροδρόμιο Λάρνακας
- 3 Πράσινες αστικές περιοχές (δασάκια)
- 4 Αστικές περιοχές (τεχνητές περιοχές)
- 5 Αγροτικές περιοχές χωρίς σύστημα άρδευσης
- 6 Αγροτικές περιοχές εντατικής καλλιέργειας, με άρδευση
- 7 Καλλιέργεια φρούτων, με άρδευση
- 8 Κατασκευαστικό έργο αεροδρομίου
- 9 Περιοχή φυσικής χαμηλής βλάστησης
- 10 Βιομηχανικές/κτηνοτροφικές περιοχές
(πχ βιολογικός σταθμός, αφαλάτωση, κτηνοτροφικά υποστατικά)
- 11 Χώροι αθλημάτων και αναψυχής (παραλίες)

Έδαφος

Το έδαφος της Κύπρου είναι πλούσιο σε μέταλλα ιδιαίτερα χαλκού και σιδήρου. Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη της Κύπρου, η περιοχή αεροδρομίου έχει αρκετές ποσότητες διαφόρων μορφών ανθρακικών και σιλικούχων ενώσεων (άμμος). Λίγο πιο μέσα (Δρόμος Α3 προς Ριζοελιά) τα εδάφη περιέχουν περισσότερο θειικά άλατα. Τα εδάφη στα παράλια της Λάρνακας είναι ιζηματογενή ενώ ορεινά είναι πυριγενή.

2.9 Σύνοψη

Η ρύπανση των υδατίνων σωμάτων από τις απορροές αυτοκινητόδρομων είναι φαινόμενο παγκόσμιο. Με δεδομένο ότι τα όμβρια ύδατα μπορεί να καταλήξουν σε επιφανειακά ή υπόγεια νερά, εξάγεται το συμπέρασμα ότι μια πιθανή ρύπανση τους, θα μεταφερθεί στις υδάτινες μάζες. Οι επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων επηρεάζει δυσμενώς ευαίσθητες περιβαλλοντικές περιοχές αλλά και τον ίδιο τον άνθρωπο. Η Κύπρος δεν αναμένεται να αποτελέσει εξαίρεση στον κανόνα.

Μεθοδολογία

3.1 Ερευνητικά ερωτήματα

Με τη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετάται κατά πόσο το οδικό δίκτυο προκαλεί επιβάρυνση των υδάτινων μαζών. Για να διερευνηθεί κατά πόσο ισχύει αυτό, συλλέχθηκαν και μετρήθηκαν 50 δείγματα από απορροές πολυσύχναστων αυτοκινητόδρομων και νερά από τις πρώτες ροές (first flush) για το 2012 και 2013, υπολογίστηκε ο μέσος όρος και άλλα στοιχεία που θα βοηθήσουν στην τεκμηρίωση της κάθε υπόθεσης.

Κύρια (1^η) Μηδενική υπόθεση (H₀): «Οι μέγιστες συγκεντρώσεις των ρύπων στις απορροές των όμβριων υδάτων δεν ξεπερνούν τα νομοθετικά όρια για ύδρευση».

$$1^{\eta} H_0 : \mu_{\max}^{\rho\acute{\upsilon}\pi\omicron\varsigma i} < \mu_{MRL}^{\rho\acute{\upsilon}\pi\omicron\varsigma i} \text{ (μηδενική υπόθεση)}$$

$$1^{\eta} H_1 : \mu_{\max}^{\rho\acute{\upsilon}\pi\omicron\varsigma i} \geq \mu_{MRL}^{\rho\acute{\upsilon}\pi\omicron\varsigma i} \text{ (εναλλακτική υπόθεση)}$$

όπου MRL=μέγιστα νομοθετικά όρια.

Η κύρια μηδενική υπόθεση έχει ως σκοπό να δείξει αν τα όμβρια ύδατα είναι αρκετά επιβαρυνμένα με ρύπους ώστε να μπορούν να υποβαθμίσουν τις υδάτινες μάζες - αποδέκτες τους.

Σημείωση: Οι μηδενικές υποθέσεις που ακολουθούν έχουν ως σκοπό να διευρύνουν τις γνώσεις στο συγκεκριμένο θέμα και είναι συμπληρωματικές της κύριας υπόθεσης. Θα μελετηθούν καθαρά για ερευνητικό σκοπό.

2^η Μηδενική υπόθεση (H₀): «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται με τη πάροδο του χρόνου δειγματοληψίας». Θα μελετηθεί για την κάθε περιοχή Α ή Β ξεχωριστά. Ακολουθεί η μαθηματική διατύπωση:

$$2^{\text{η}} H_0 : \mu_{15\text{min}}^{\text{ρύπος}i} = \mu_{30\text{min}}^{\text{ρύπος}i} = \mu_{45\text{min}}^{\text{ρύπος}i} = \mu_{60\text{min}}^{\text{ρύπος}i} = \mu_{24\text{h}}^{\text{ρύπος}i}$$

$$2^{\text{η}} H_1 : \mu_{15\text{min}}^{\text{ρύπος}i} \neq \mu_{30\text{min}}^{\text{ρύπος}i} \neq \mu_{45\text{min}}^{\text{ρύπος}i} \neq \mu_{60\text{min}}^{\text{ρύπος}i} \neq \mu_{24\text{h}}^{\text{ρύπος}i}$$

3^η Μηδενική υπόθεση: «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται μεταξύ των δύο περιοχών». Οι περιοχές αυτές καθορίζονται στη παράγραφο 3.2. Ακολουθεί η μαθηματική διατύπωση της μηδενικής (H_0) και της εναλλακτικής (H_1) υπόθεσης.

$$3^{\text{η}} H_0 : \mu_A^{\text{COD}} = \mu_B^{\text{COD}}, \mu_A^{\text{TSS}} = \mu_B^{\text{TSS}} \text{ κτλ.}$$

$$3^{\text{η}} H_1 : \mu_A^{\text{COD}} \neq \mu_B^{\text{COD}}, \mu_A^{\text{TSS}} \neq \mu_B^{\text{TSS}} \text{ κτλ.}$$

4^η Μηδενική υπόθεση: «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται μεταξύ ημερών».

$$4^{\text{η}} H_0 : \mu_{\text{day}1}^{\text{COD}} = \mu_{\text{day}2}^{\text{COD}} = \dots = \mu_{\text{day}n}^{\text{COD}}, \mu_{\text{day}1}^{\text{TSS}} = \mu_{\text{day}2}^{\text{TSS}} = \dots = \mu_{\text{day}n}^{\text{TSS}}, \text{ κτλ.}$$

$$4^{\text{η}} H_1 : \mu_{\text{day}1}^{\text{COD}} \neq \mu_{\text{day}2}^{\text{COD}} \neq \dots \neq \mu_{\text{day}n}^{\text{COD}}, \mu_{\text{day}1}^{\text{TSS}} \neq \mu_{\text{day}2}^{\text{TSS}} = \dots \neq \mu_{\text{day}n}^{\text{TSS}}, \text{ κτλ.}$$

5^η Μηδενική υπόθεση: «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται από την αλλαγή της έντασης της βροχόπτωσης». Η ένταση της βροχόπτωσης χωρίζεται σε 5 βαθμίδες. Από καθόλου βροχόπτωση (ένταση = 0) μέχρι πολύ έντονη βροχόπτωση (ένταση = 4). Ακολουθεί η μαθηματική διατύπωση:

$$5^{\text{η}} H_0 : \mu_{\text{ένταση}0}^{\text{COD}} = \mu_{\text{ένταση}1}^{\text{COD}} = \dots = \mu_{\text{ένταση}4}^{\text{COD}}, \text{ κτλ.}$$

$$5^{\text{η}} H_1 : \mu_{\text{ένταση}0}^{\text{COD}} \neq \mu_{\text{ένταση}1}^{\text{COD}} \neq \dots \neq \mu_{\text{ένταση}4}^{\text{COD}}, \text{ κτλ.}$$

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων: «Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των διαφόρων παραμέτρων μέτρησης»

Διερευνάται για ποιες παραμέτρους υπάρχουν συσχετίσεις. Έγινε έλεγχος με χρήση του συντελεστή συσχέτισης *Spearman* (για μη παραμετρικές μεταβλητές).

3.2 Συλλογή δειγμάτων

Περιοχή

Η συλλογή δειγμάτων νερού, έγινε απο δύο σημεία, την περιοχή A και την περιοχή B (βλ. χάρτες στο παράρτημα A.2 και φωτογραφίες στο παράρτημα A.4). Οι επιλεγμένες για τη δειγματοληψία απορροές της περιοχής A, βρίσκονται στο τέλος του αυτοκινητόδρομου A3 (Αεροδρομίου - Παραλιμνίου) κοντά στον κυκλικό κόμβο του διεθνούς αερολιμένα. Σαν δεύτερο σημείο δειγματοληψίας (περιοχή B), επιλέγηκε ο δρόμος που ενώνει τον αυτοκινητόδρομο A3 με το χωριό Αραδίππου, σε σημείο έξω απο τη βιομηχανική περιοχή της Λάρνακας. Η επιλογή των δύο αυτων περιοχών έγινε για τους εξής λόγους:

α) Λόγω του διαφορετικού είδους οχημάτων που διακινούνται στην καθε μια και στη διαφορετική χρήση γης. Στην περιοχή A διακινούνται συνήθως ιδιωτικά οχήματα, ταξί, μοτοσυκλέτες, φορτηγά και λεωφορία. Στην περιοχή B διακινούνται περισσότερο τα φορτηγά οχήματα λόγω μεταφορών στη βιομηχανική περιοχή.

β) Η επιλογή της περιοχής A έγινε λόγω του ότι βρίσκεται πολύ κοντα σε περιοχή SCI/SPA Natura. Βρίσκεται μόλις ένα χιλιόμετρο απόσταση από την νοτιοδυτική όχθη της λίμνης Αλυκή (της μεγαλύτερης από τις λίμνες των αλυκών της Λάρνακας). Αντίστοιχα η περιοχή B βρίσκεται πολύ κοντά στη προστατευμένη περιοχή του δάσους της ριζοελιάς.

Τρόπος και συχνότητα δειγματοληψίας

Η δειγματοληψία γινόταν κάθε 15 λεπτά μέσα στη πρώτη ώρα της βροχόπτωσης και μετά από 24 ώρες συλλεγόταν ακόμη ένα πέμπτο δείγμα. Η ποσότητα του δείγματος ήταν ένα λίτρο κάθε φορά. Για τη δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκαν δοχεία που στερεώθηκαν στις αντίστοιχες απορροές των δρόμων. Η όλη εργασία γινόταν από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας κάθε φορά ώστε να κρατηθούν ορισμένες παράμετροι σταθεροί για ευκολότερη σύγκριση και επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Η περίοδος δειγματοληψίας ήταν από τον Οκτώβριο του 2012 μέχρι τον Οκτώβριο του 2013, με συλλογή 52 συνολικά δειγμάτων. Το πρώτο και το τελευταίο δείγμα αποτελούν τις πρώτες ροές (first flush) για το 2012 και 2013 αντίστοιχα. Η συλλογή και των δύο πρώτων ροών έγινε από την περιοχή A (περιοχή του αεροδρομίου) μετά από την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού.

3.3 Οργάνωση και ετοιμασία δειγμάτων

Χημικό Εργαστήριο Ανάλυσης

Τα δείγματα μετά τη συλλογή τους μεταφέρονταν στο χημικό εργαστήριο του Η/Σ Βασιλικού της ΑΗΚ. Το εργαστήριο δημιουργήθηκε για να καλύπτει τις ανάγκες του οργανισμού σε χημικούς προσδιορισμούς πετρελαιοειδών (πετρέλαιο, μαζούτ, λάδια), για την εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας των πρώτων υλών, καθώς επίσης και για τη σωστή λειτουργία του σταθμού. Το πεδίο εφαρμογής των χημικών εργαστηρίων της ΑΗΚ περιλαμβάνει μεταξύ άλλων μετρήσεις για περιβαλλοντικούς ελέγχους, πράγμα που ευνόησε στους προσδιορισμούς της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Η πρόληψη και η προστασία του περιβάλλοντος είναι ένα από τα πάγια θέματα που απασχολούσε και απασχολεί τον οργανισμό.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες όπου λειτουργεί το εργαστήριο είναι καθορισμένες και καταγράφονται. Το εργαστήριο διαθέτει σύστημα ποιότητας, ακολουθεί πρότυπες μεθόδους, χρησιμοποιεί υλικά ελέγχου όπως CRMs, πρότυπα διαλύματα, εσωτερικά υλικά ελέγχου.

Τα κυριότερα όργανα διακριβώνονται σε ανεξάρτητο εξωτερικό φορέα διακρίβωσης σε ετήσια βάση. Παρομοίως συντηρούνται και ελέγχεται η καλή λειτουργία όσων οργάνων δεν μπορούν να διακριβωθούν είτε από τους προμηθευτές των οργάνων είτε εσωτερικά από το ίδιο το εργαστήριο.

Οργάνωση δειγμάτων

Τα δείγματα μεταφέρονταν αμέσως μετά τη δειγματοληψία τους στο εργαστήριο όπου κωδικοποιούνταν και σημαίνονταν κατάλληλα. Απαραίτητα στοιχεία σήμανσης ήταν η ημερομηνία δειγματοληψίας, ο χρόνος δειγματοληψίας (15, 30, 45, 60 λεπτά και 24 ώρες), το σημείο δειγματοληψίας και η ένταση της βροχόπτωσης κατά την ώρα της συλλογής.

Προκατεργασία δειγμάτων

Τα δείγματα μετά την καταχώρηση τους, προχωρούσαν για άμεσο προσδιορισμό του pH, της ηλεκτρικής τους αγωγιμότητας (EC), του COD, NO₂ και ολικών βακτηρίων coliform, λόγω χρονικής αστάθειας των παραμέτρων αυτών. Στη συνέχεια γινόταν διαχωρισμός των στερεών (TSS) από το υγρό με διήθηση με χαρτί Watmann N^o 1. Μέρος του κάθε διηθήματος (15 mL) ξινιζόταν με π. νιτρικό οξύ υψηλής καθαρότητας (Merck, Suprapur®) για τον προσδιορισμό στοιχείων στο ICP-OES. Το υπόλοιπο διήθημα φυλαγόταν στο ψυγείο μέχρι να αναλυθεί για τις

υπόλοιπες παραμέτρους. Όλα τα δείγματα αναλύονταν σε περίοδο 1-5 μέρες από την ημέρα δειγματοληψίας εκτός από τα μέταλλα που προσδιορίστηκαν σε μικρές ομάδες.

3.4 Παράμετροι ελέγχου

Οι παράμετροι ελέγχου που προσδιορίστηκαν για τα νερά ήταν για όλα τα δείγματα το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD), τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS), τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), χλωριούχα ιόντα (Cl⁻) και 19 στοιχεία με χρήση ICP-OES. Στη πρώτη σειρά δειγμάτων προσδιορίστηκαν επιπλέον τα ολικά κολοβακτήρια (total coliforms), NH₄, NO₂, NO₃ και SO₄.

Για τις παραμέτρους pH, EC, COD και ολικά κολοβακτήρια, ο προσδιορισμός έπρεπε να γίνει άμεσα λόγω της αστάθειας των παραμέτρων αυτών. Τα στοιχεία που προσδιορίστηκαν με φασματομετρία επαγωγικά συζευμένου πλάσματος (ICP-OES) ήταν τα εξής: Ag, Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sr, V και Zn. Να σημειωθεί ότι τα στοιχεία αυτά προσδιορίστηκαν στο διήθημα μετά από ξίνιση με νιτρικό οξύ, χωρίς να προηγηθεί χώνευση στο συνολικό δείγμα για να συμπεριληφθούν και τα στερεά. Αυτό έγινε γιατί στη πράξη μόνο τα διαλυμένα συστατικά θα καταλήξουν στον υδροφόρο ορίζοντα μιας και το έδαφος παίζει το ρόλο του διηθητικού μέσου (Erikson et al., 2013). Τα αιωρούμενα στερεά (TSS) μπορούν να επηρεάσουν κυρίως τα επιφανειακά νερά όπου θα καταλήξουν (Gnecco et al., 2005; Tixier et al., 2012). Σε συνολικό δείγμα έγινε ποιοτική ανίχνευση για τα στοιχεία παλλάδιο (Pd), ρόδιο (Rh), ρουθίνιο (Ru), ρήνιο (Re), πλατίνα (Pt) και όσμιο (Os).

Προσδιορισμοί για υδρογονάνθρακες διαφόρων τύπων όπως PAHs, PCBs, VOCs, TBX δεν έγινε κατορθωτό να γίνει λόγω έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού από το εργαστήριο. Στη πρώτη σειρά μετρήσεων, έγινε προσδιορισμός με τη παραδοσιακή μέθοδο εκχύλισης με εξάνιο του συνολικού οργανικού φορτίου ως λίπη, έλαια (Fat Oil and Grease) σύμφωνα με τη πρότυπη μέθοδο APHA 5520B, για να φανεί το συνολικό οργανικό φορτίο που υπάρχει στα δείγματα.

3.5 Εργαστηριακός εξοπλισμός & Έλεγχος ποιότητας

Οι πειραματικές μετρήσεις έγιναν στο χημικό εργαστήριο της ΑΗΚ στο Βασιλικό. Χρησιμοποιήθηκε ο συνήθης εργαστηριακός εξοπλισμός που υπάρχει σε χημεία. Συγκεκριμένα για τους διάφορους προσδιορισμούς τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν και ο έλεγχος ποιότητας που έγινε για την κάθε μέθοδο φαίνεται πιο κάτω.

Χημικός απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα φιαλίδια - αντιδραστήρια της HACH σύμφωνα με τη πρότυπη μέθοδο APHA 5220-D (closed reflux colorimetric method). Η μέθοδος εφαρμόζει την οξειδωση διχρωμικών, από οργανικές και ανόργανες ουσίες, σε έντονα όξινο περιβάλλον. Σαν δείγμα ελέγχου χρησιμοποιήθηκε διάλυμα όξινου φθαλικού καλίου (KHP) γνωστής συγκέντρωσης (250 mg O₂/L).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

Για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκε αγωγιμόμερο WTW 330i-Cond με κυψελίδα μέτρησης LRC01 με σταθερά K=0,475. Ο έλεγχος σωστής λειτουργίας του αγωγιμόμετρου γινόταν με πρότυπο διάλυμα 1413 μS/cm σε κάθε σειρά μετρήσεων.

Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS)

Ο προσδιορισμός του ολικού αριθμού αιωρούμενων στερεών για το κάθε δείγμα προσδιορίστηκε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο APHA 2540 B. Τα νερά φιλτράρονταν με προζυγισμένο διηθητικό χαρτί Watmann N^o1. Το χαρτί με το στερεά ξηραίνονταν στους 105 °C για 4 ώρες και μετά από ψύξη σε ξηραντήρα ζυγίζονταν. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg στερεού ανά L δείγματος.

Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Προσδιορίστηκε ο συνολικός αριθμός διαλυμένων στερεών σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο APHA 2540 C. Εξατμίζεται συγκεκριμένος όγκος διηθήματος (από την ανάλυση των TSS) σε προζυγισμένο δοχείο μέχρι ξηρού στους 180 °C. Το στερεό υπόλειμμα ζυγίζεται και εκφράζεται ως TDS.

pH

Για τη μέτρηση του pH χρησιμοποιήθηκε πεχάμετρο WTW pH-330i, βαθμονομημένο με ρυθμιστικά διαλύματα με pH 7,01 και 4,02. Μετά τη κάθε βαθμονόμηση γινόταν έλεγχος της ορθότητας της μέτρησης με ανεξάρτητα διαλύματα με pH 4 και 9.

FOG (Fat Oil and Grease- Λίπη και έλαια)

Για το συνολικό οργανικό φορτίο των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η πρότυπη μέθοδος APHA 5520B. Τα δείγματα αφού ξινίστηκαν με υδροχλωρικό οξύ, εκχυλίστηκαν με εξάνιο. Η οργανική φάση πλύθηκε δύο φορές με απιονισμένο νερό (για να φύγουν τα άλατα) και στη συνέχεια εξατμίστηκε μέχρι ξηρού σε προζυγισμένο δοχείο. Οι ζυγοί διακριβώνονται σε ετήσια βάση και ελέγχονται με βαρίδια E2 σε καθημερινή βάση.

Κολοβακτηρίδια (Total coliforms)

Για το προσδιορισμό των ολικών κολοβακτηρίδιων, χρησιμοποιήθηκε η πρότυπη μέθοδος ISO 9308-1:2000. Ο προσδιορισμός γίνεται με την μέθοδο φιλτραρίσματος με τη χρήση διηθητικών μεμβρανών. Για το κάθε δείγμα λόγω της φύσης του, έγιναν δεκαδικές αραιώσεις με αποστειρωμένο διάλυμα Peptone saline, διηθήσεις και στη συνέχεια επώαση, σε επιλεκτικό υπόστρωμα Lactose TTC, στους 36 ± 2 °C για 21 ± 3 ώρες. Καταμετρήθηκαν αποικίες <100 ανα τρυβλίο. Τα βακτήρια Coliform δίνουν αρνητική αντίδραση οξειδάσης. Οι περαιτέρω αντιδράσεις επιβεβαίωσης για *Escherichia coli* (*E.coli*) δεν έγιναν.

Ρίζες

Για τις ρίζες NO₃, NO₂, SO₄, PO₄, NH₄ χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα αντιδραστήρια της εταιρίας HACH. Το φωτόμετρο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των δειγμάτων ήταν της ίδιας εταιρίας το μοντέλο DR6000. Οι καμπύλες βαθμονόμησης είναι προεγκαταστημένες στο όργανο από την εταιρία. Χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι του κατασκευαστή.

Χλωριούχα (Cl)

Για τον προσδιορισμό των χλωριούχων, χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή τιτλομετρική μέθοδος Mohr (APHA 4500-Cl B). Τα χλωριούχα τιτλομετρούνται με νιτρικό άργυρο παρουσία χρωμικών ιόντων ως δείκτη. Ο άργυρος δεσμεύεται από τα χλωριούχα ιόντα του δείγματος και σχηματίζει ίζημα. Όταν τελειώσουν τα χλωριούχα (Cl) ο άργυρος σχηματίζει κεραμιδί ίζημα με τα ελεύθερα χρωμικά ιόντα. Σαν δείγμα ελέγχου χρησιμοποιήθηκε πρότυπο διάλυμα χλωριούχων 1000 mg/L.

Στοιχεία

Για το προσδιορισμό των στοιχείων Ag, Al, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sr, V και Zn χρησιμοποιήθηκε φασματομετρία εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος (ICP-OES). Μετρήθηκε σε μοντέλο DV7000 της εταιρίας Perkin Elmer, σύμφωνα με τη μέθοδο ISO 11885:2009. Τα όρια ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης του συγκεκριμένου οργάνου φαίνονται στον πίνακα 3.1. Χρησιμοποιήθηκε στο axial mode με πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης 0, 50, 100 και 200 µg/L.

Πίνακας 3.1: Όρια ανίχνευσης (LOD) και ποσοτικοποίησης (LOQ), σε µg/L για κάθε στοιχείο όπως δίνονται από τον κατασκευαστή του οργάνου (Perkin Elmer, 2013)

	Ag	Al	As	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
LOD (µg/L)	0,6	1	1,1	0,03	1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	1
LOQ (µg/L)	1,8	3	3,3	0,09	3	0,3	0,6	0,6	1,2	0,3	3

	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Sr	V	Zn	Pd	Pt	Rh
LOD (µg/L)	0,1	0,03	0,5	4	0,05	0,05	0,5	0,5	2	1	5
LOQ (µg/L)	0,3	0,09	1,5	12	0,15	0,15	1,5	1,5	6	3	15

Προσδιορίστηκαν μόνο τα διαλυμένα στοιχεία που πέρασαν κάτω στο διήθημα. Χρησιμοποιήθηκε το axial mode του οργάνου, με πρότυπα διαλύματα βαθμονόμησης 0, 50, 100 και 200 µg/L. Αποδεκτές έγιναν όσες καμπύλες βαθμονόμησης ήταν γραμμικές με R^2 μεγαλύτερο από 0,995. Ο έλεγχος των καμπυλών βαθμονόμησης έγινε με ανεξάρτητα πρότυπα διαλύματα με αποδεκτή διαφορά $\pm 5\%$ για τον αρχικό έλεγχο της καμπύλης. Στη πορεία της μέτρησης (κάθε 10 δείγματα) γινόταν έλεγχος καλής λειτουργίας της μεθόδου με χρήση ανεξάρτητων προτύπων με αποδεκτή διαφορά το $\pm 10\%$. Σε απόκλιση από τα όρια αυτά γινόταν επαναβαθμονόμηση (reslope) της καμπύλης και έλεγχος ξανά με δείγμα ελέγχου.

3.6 Στατιστική επεξεργασία

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v. 20 της εταιρίας IBM.

Για τη συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, υπολογίστηκε ο μέσος όρος ανά ρυπαντική παράμετρο, ανά περιοχή και ανά χρόνο δειγματοληψίας. Επίσης υπολογίστηκε η τυπική απόκλιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε πίνακες.

Για τον έλεγχο της κύριας μηδενικής υπόθεσης (H_0), συγκρίνονται οι μέγιστες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων (ιδιαίτερα από τις πρώτες πλύσεις) για να φανεί αν είναι μεγαλύτερες ή όχι με τα νομοθετικά όρια ύδρευσης. Σύμφωνα με την μηδενική υπόθεση που καθορίστηκε οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν ξεπερνούν τα νομοθετικά όρια.

Η 2^η μηδενική υπόθεση αναφέρει ότι «οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν διαφοροποιούνται με τη πάροδο του χρόνου δειγματοληψίας». Για να μελετηθεί αν ισχύει η μηδενική αυτή υπόθεση εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό τεστ Kruskal-Wallis (αντί του τεστ ANOVA για κανονικές κατανομές). Η σύγκριση γίνεται σε σχέση με το χρόνο δειγματοληψίας για τον κάθε ρύπο ξεχωριστά με επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (Sig) για τις 5 κατηγορίες του χρόνου. Αν το sig είναι μικρότερο από τη καθορισμένη P value (0,05 ή 5%) τότε απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και ισχύει η εναλλακτική της. Τα όρια εμπιστοσύνης που έγιναν οι υπολογισμοί είναι το 95%. Δηλαδή το P-value που θα λειτουργήσει ως όριο απόφασης. Στη περίπτωση που θα απορριφθεί η μηδενική υπόθεση (για Sig. number < P-value) θα ισχύσουν οι εναλλακτικές τους προτάσεις (H_1) δηλ. οι ίδιες σχέσεις αλλά μη ισότητας.

3^η Μηδενική υπόθεση: «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται μεταξύ των δύο περιοχών». Οι περιοχές αυτές καθορίζονται στη παράγραφο 3.2. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κατά ομάδες των δύο περιοχών, την περιοχή Α (κυκλικός κόμβος αεροδρομίου) και την περιοχή Β (βιομηχανική περιοχή). Μελετήθηκε η στατιστική ομοιότητα (ανάλυση με τεστ Mann - Whitney - Wilcoxon) των δύο σειρών μετρήσεων.

4^η Μηδενική υπόθεση: «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται μεταξύ ημερών». Γίνεται ανάλυση με χρήση του μη παραμετρικού τεστ Kruskal-Wallis ως προς τις ημέρες.

5^η Μηδενική υπόθεση: «Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων των ρύπων δεν διαφοροποιούνται από την αλλαγή της έντασης της βροχόπτωσης». Η ένταση της βροχόπτωσης χωρίζεται σε 5 βαθμίδες - κατηγορίες. Από καθόλου βροχόπτωση (ένταση = 0) μέχρι πολύ έντονη βροχόπτωση (ένταση = 4). Μελετάται αν η ένταση της βροχόπτωσης αν επηρεάζει τη μέση τιμή του κάθε ρύπου με χρήση του τεστ Kruskal-Wallis για μη παραμετρικές μετρήσεις.

Συσχετίσεις μεταξύ παραμέτρων

Έγινε έλεγχος αν υπάρχει συσχέτιση με χρήση του συντελεστή συσχέτισης *Spearman* στις διάφορες παραμέτρους. Ο συντελεστής *Spearman* παίρνει τιμές από +1 για πλήρης συσχέτιση των δύο σειρών μετρήσεων (ανάλογα μεγέθη), μέχρι -1 για αρνητική συσχέτιση (αντιστρόφως ανάλογα). Για τιμή 0 δεν υπάρχει καμία συσχέτιση.

Αποτελέσματα

4.1 Έννοιες και θέματα

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις πειραματικές μετρήσεις, όπως εξαχθήκαν από το στατιστικό πακέτο SPSS (IBM) έκδοση 20. Η ανάλυση και η επεξήγηση του κάθε πίνακα γίνεται στο αντίστοιχο σημείο. Όπου κρίνεται ότι απαιτείται επεξήγηση των συμβολισμών και εννοιών της στατιστικής γίνεται συνοπτικά για να είναι πιο κατανοητά τα αποτελέσματα.

4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Μετρήθηκαν συνολικά 52 δείγματα (νερά) για διάφορες παραμέτρους όπως αναφέρονται στη μεθοδολογία. Μεταξύ αυτών συλλέχθηκαν δύο δείγματα από τις πρώτες ροές (first flush) από τη περιοχή του αεροδρομίου. Η συλλογή έγινε τον Οκτώβριο του 2012 μέχρι τον Οκτώβριο του 2013. Η συλλογή των πρώτων ροών έγινε αμέσως μετά τη μεγάλη ξηρή καλοκαιρινή περίοδο. Κάποιες παράμετροι μετρήθηκαν και για τα 50+2 δείγματα ενώ κάποιες άλλες μετρήθηκαν μόνο δειγματοληπτικά (7+2) για να φανεί το επίπεδο των ρύπων σ' αυτά. Στους πίνακες δεν λαμβάνεται υπόψη οι συγκεντρώσεις των πρώτων ροών (first flush), γιατί είναι πολύ ψηλές οι συγκεντρώσεις τους και έτσι επηρεάζουν το μέσο όρο της ομάδας που ανήκουν (χρονική ομάδα των πρώτων 15 λεπτών)

4.2.1 Αποτελέσματα για διερεύνηση της $1^{ηs}$ μηδενικής υπόθεσης

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα στατιστικά των μετρήσεων. Για κάθε παράμετρο ελέγχου αναφέρεται ο συνολικός αριθμός των μετρήσεων (N). Υπολογίζεται η μέση τιμή (mean),

η τυπική απόκλιση των μετρήσεων (Standard Deviation), η ελάχιστη (minimum) και μέγιστη τιμή (maximum). Οι παράμετροι που αναφέρονται με 7 έγκυρες μετρήσεις είναι αυτές που μετρήθηκαν δειγματοληπτικά. Στον ίδιο πίνακα παραθέτονται μαζί τα νομοθετικά όρια για άρδευση και ύδρευση για σκοπούς σύγκρισης.

Πίνακας 4.1: Συνοπτικά στατιστικά των μετρήσεων

	N Valid	Mean	Std. Dev.	Min	Max	FIRST FLUSH October 2012	FIRST FLUSH October 2013	Όρια Άρδευσης	Όρια Ύδρευσης	
									N.87(I) 2001	US EPA
COD, mg O ₂ /L	50	75,32	62,97	18	250	2750	3050	---	---	---
EC uS/cm	50	379,82	273,9	64	1250	2640	3300	2000	2500	---
TSS, mg/L	50	601,76	841,91	21	3347	18520	23800	10	---	---
TDS, mg/L	50	263,16	201,5	43	906	1830	2186	---	---	500
pH	50	7,76	,335	7,06	8,57	7,3	7,4	---	6,5-9,5	6,5-8,5
FOG, mg/L	7	4,6	2,47	2,10	8,10	9,2	10,3	5	---	---
T.Coliforms, cfu/100mL	7	1,7E+4	1,9E+4	2,1E+3	4,3E+4	5,40E+04	6,20E+04	---	0	0
NO ₃ , mg/L	7	1,1	,59	,67	2,35	32	36	---	50	10
NO ₂ , mg/L	7	,016	,008	,008	,032	0,12	0,11	---	0,5	1
NH ₄ , mg/L	7	,10	,07	,05	,24	0,52	0,68	---	0,5	---
SO ₄ , mg/L	7	28,29	25,3	7	80	95	116	---	250	---
Cl, mg/L	50	35,92	28,6	10	130	68	71	---	250	250
Ag, µg/L	50	ND	,000	---	---	1	1	---	---	100
Al, µg/L	50	38	37	8	189	330	401	5000	200	50-200
As, µg/L	50	,8	0,99	ND	4	4	3	100	10	10
Ba, µg/L	50	26,46	13,3	4	58	480	528	---	---	2000
Bi, µg/L	50	2,60	1,8	ND	7	5	ND	---	---	---
Cd, µg/L	50	ND	,000	---	---	6	5	10	5	5
Co, µg/L	50	,06	,24	ND	1	9	10	50	---	---
Cr, µg/L	50	1,06	,93	ND	3	14	11	100	50	100
Cu, µg/L	50	3,82	2,8	ND	12	19	15	200	2000	1300
Fe, µg/L	50	52,50	59,2	3	340	1685	1391	5000	200	300
Hg, µg/L	50	,08	,274	ND	1	1	ND	0,005	1	2
Mn, µg/L	50	2,08	2,27	ND	8	1680	2332	200	50	50
Mo, µg/L	50	,58	,673	ND	2	ND	ND	10	---	---
Ni, µg/L	50	3,58	4,14	ND	21	38	42	---	20	---
P, µg/L	50	415,38	168,4	158	851	8420	9389	---	---	---
Pb, µg/L	50	2,74	1,782	ND	6	5	9	5000	10	15
Sr, µg/L	50	204,42	139,4	48	737	652	829	---	---	---
V, µg/L	50	5,38	2,11	1	9	16	15	100	---	---
Zn, µg/L	50	9,48	15,2	ND	69	41	39	2000	---	5000

ND= Δεν ανιχνεύτηκε, Για όρια ανίχνευσης (LOD) βλ. πίνακα 3.1.

Στον πίνακα παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι προσδιορισμού να ανήκουν στην ίδια ομάδα. Για παράδειγμα οι 50 μετρήσεις του COD παρουσιάζονται σαν να είναι το ίδιο δείγμα μετρημένο πολλές φορές. Αυτό στην πραγματικότητα δεν ευσταθεί γιατί η κάθε μέτρηση είναι ανεξάρτητος προσδιορισμός ενός ανεξάρτητου δείγματος. Παρουσιάζονται όμως μαζεμένα όλα τα αποτελέσματα ώστε να μπορεί να φανεί άμεσα η γενική εικόνα των μετρήσεων. Ο συνοπτικός

πίνακας 4.1 θα βοηθήσει στην διερεύνηση της κύριας μηδενικής υπόθεσης και της εναλλακτικής της πρότασης.

4.2.2 Αποτελέσματα για διερεύνηση 2^{ης} και 3^{ης} μηδενικής υπόθεσης

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι μετρήσεις χωρισμένες στις δύο περιοχές, την περιοχή Α (κυκλικός κόμβος αεροδρομίου) και στην περιοχή Β (νοτιοανατολική έξοδος βιομηχανικής περιοχής Αραδίππου). Οι τιμές από τις πρώτες πλύσεις δεν μπήκαν στους υπολογισμούς γιατί οι συγκεντρώσεις των ρύπων είναι πολύ ψηλές και αλλάζουν τη μέση τιμή της ομάδας Α1 πολύ.

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα ανά περιοχή και ανά χρόνο δειγματοληψίας

	Περιοχή Α (Κυκλικός κόμβος αεροδρομίου)					Περιοχή Β (Έξοδος Βιομηχανικής περιοχής)				
	Time					Time				
	15min	30min	45min	60min	24 h	15min	30min	45min	60min	24 h
	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
COD, mg O ₂ /L	98	62	40	42	42	173	148	137	122	115
EC μS/cm	415	336	219	200	259	905	738	746	638	495
TSS, mg/L	1075	591	123	57	228	2738	1325	1265	721	201
TDS, mg/L	283	220	156	135	172	593	606	586	435	333
pH	7,66	7,76	7,83	7,94	7,75	7,65	7,57	7,60	7,63	8,02
FOG, mg/L	6,60	4,10	2,60	2,20	2,10	.	.	.	.	8,10
T.Coliforms, cfu/100mL	4,2E+4	3,1E+3	2,3E+3	2,1E+3	2,5E+3	.	.	.	.	2,3E+4
NO ₃ , mg/L	1,09	,84	,81	,67	,69	.	.	.	.	2,35
NO ₂ , mg/L	,020	,013	,012	,009	,008	.	.	.	.	,032
NH ₄ , mg/L	,10	,05	,05	,10	,07	.	.	.	.	,24
SO ₄ , mg/L	32	10	14	24	7	.	.	.	.	80
Cl, mg/L	34	27	20	20	25	89	86	70	61	61
Ag, μg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al, μg/L	57	23	31	33	53	28	22	21	18	23
As, μg/L	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1
Ba, μg/L	36	26	22	17	23	45	33	28	24	25
Bi, μg/L	3	2	2	2	3	4	4	4	3	3
Cd, μg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Co, μg/L	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cr, μg/L	1	1	1	1	1	3	3	2	1	1
Cu, μg/L	5	3	2	3	3	10	5	3	3	6
Fe, μg/L	84	58	51	28	79	23	13	7	8	8
Hg, μg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn, μg/L	2	2	2	1	3	3	4	0	4	2
Mo, μg/L	1	1	0	0	0	2	2	1	1	1
Ni, μg/L	7	5	5	3	2	1	1	1	1	2
P, μg/L	545	414	408	357	418	557	340	327	211	303
Pb, μg/L	3	3	2	3	3	2	4	3	4	4
Sr, μg/L	204	186	156	134	117	543	456	406	275	232
V, μg/L	6	6	7	5	6	6	4	4	3	2
Zn, μg/L	17	15	9	11	5	3	1	1	0	9

Σε κάθε μια από τις δύο περιοχές, οι μέσες τιμές των μετρήσεων παρουσιάζονται ανά χρόνο δειγματοληψίας (15, 30, 45, 60 λεπτά και 24 ώρες). Από τον **πίνακα 4.2** θα εξαχθούν συμπεράσματα για τη διερεύνηση της 2^{ης} και της 3^{ης} μηδενικής υπόθεσης. Παρομοίως, για τις δύο αυτές μηδενικές υποθέσεις θα εξαχθούν συμπεράσματα και από τις γραφικές παραστάσεις στο παράρτημα Α.3 όπου παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των ρύπων στα όμβρια ύδατα υπό μορφή θηκογράμματος ανά περιοχή και ανά παράμετρο.

Για την διερεύνηση της 2^{ης} μηδενική υπόθεσης γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων σε σχέση με το χρόνο δειγματοληψίας (πέντε ομάδες χρόνου) με χρήση του τεστ Kruskal-Wallis. Η μηδενική υπόθεση (null hypothesis) που μελετάται εδώ είναι: «οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν μεταβάλλονται χρονικά»,

$$H_0: \mu_{15\text{min}} = \mu_{30\text{min}} = \mu_{45\text{min}} = \mu_{60\text{min}} = \mu_{24\text{h}}$$

Απορρίπτεται για όσα Sig. < p value (0.05). Μετρήσεις κάτω από το όριο ανίχνευσης (LOQ) δεν λαμβάνονται υπόψη, γι αυτό στα μέταλλα ο συνολικός τους αριθμός δεν είναι πάντα 50. Τα αποτελέσματα από τη διερεύνηση φαίνονται στον **πίνακα 4.3**.

Πίνακας 4.3: Ανάλυση των αποτελεσμάτων σε σχέση με το χρόνο δειγματοληψίας

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of COD, mg O ₂ /L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,078	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of EC uS/cm is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,129	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of TSS, mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,012	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of TDS, mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,102	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of pH is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,565	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of FOG, mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,521	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of T.Coliforms, cfu/100ml is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,176	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of NO ₃ , mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,388	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of NO ₂ , mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,521	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of NH ₄ , mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,367	Retain the null hypothesis.
11	The distribution of SO ₄ , mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,615	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
12	The distribution of Cl, mg/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,321	Retain the null hypothesis.
13	The distribution of Ag, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
14	The distribution of Al, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,264	Retain the null hypothesis.
15	The distribution of As, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
16	The distribution of Ba, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,016	Reject the null hypothesis.
17	The distribution of Bi, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,728	Retain the null hypothesis.
18	The distribution of Cd, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
19	The distribution of Co, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,564	Retain the null hypothesis.
20	The distribution of Cr, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,441	Retain the null hypothesis.
21	The distribution of Cu, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,006	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
22	The distribution of Fe, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,067	Retain the null hypothesis.
23	The distribution of Hg, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
24	The distribution of Mn, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,617	Retain the null hypothesis.
25	The distribution of Mo, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,616	Retain the null hypothesis.
26	The distribution of Ni, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,460	Retain the null hypothesis.
27	The distribution of P, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,009	Reject the null hypothesis.
28	The distribution of Pb, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,892	Retain the null hypothesis.
29	The distribution of Sr, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,032	Reject the null hypothesis.
30	The distribution of V, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,700	Retain the null hypothesis.
31	The distribution of Zn, ug/L is the same across categories of Time, h.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,804	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Για τη διερεύνηση της 3^{ης} μηδενικής υπόθεσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις των όμβριων υδάτων των δύο περιοχών συγκρινόμενα με τη μέθοδο Mann - Wilcoxon που είναι το αντίστοιχο μη παραμετρικό «t-test». Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται, στον **πίνακα 4.4**.

$$H_0 : \mu_{A,COD} = \mu_{B,COD}, \mu_{A,TSS} = \mu_{B,TSS}, \mu_{A,TDS} = \mu_{B,TDS}$$

Πίνακας 4.4: Test Mann - Whitney - Wilcoxon (για περιοχή Α και Β)

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of COD, mg O ₂ /L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,008	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of EC uS/cm is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of TSS, mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,004	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of TDS, mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of pH is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,303	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of FOG, mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,500 ¹	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of T.Coliforms, cfu/100ml is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	1,000 ¹	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of NO ₃ , mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,500 ¹	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of NO ₂ , mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,500 ¹	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of NH ₄ , mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,500 ¹	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Exact significance is displayed for this test.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
11	The distribution of SO ₄ , mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,500 ¹	Retain the null hypothesis.
12	The distribution of Cl, mg/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
13	The distribution of Ag, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.	Unable to compute.
14	The distribution of Al, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,266	Retain the null hypothesis.
15	The distribution of As, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.	Unable to compute.
16	The distribution of Ba, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,330	Retain the null hypothesis.
17	The distribution of Bi, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,864 ¹	Retain the null hypothesis.
18	The distribution of Cd, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.	Unable to compute.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Exact significance is displayed for this test.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
19	The distribution of Co, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	1,000 ^d	Retain the null hypothesis.
20	The distribution of Cr, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,985 ^d	Retain the null hypothesis.
21	The distribution of Cu, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,300 ^d	Retain the null hypothesis.
22	The distribution of Fe, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
23	The distribution of Hg, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.	Unable to compute.
24	The distribution of Mn, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,478 ^d	Retain the null hypothesis.
25	The distribution of Mo, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,350 ^d	Retain the null hypothesis.
26	The distribution of Ni, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,331 ¹	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Exact significance is displayed for this test.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
27	The distribution of P, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,102	Retain the null hypothesis.
28	The distribution of Pb, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,536 ¹	Retain the null hypothesis.
29	The distribution of Sr, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,001	Reject the null hypothesis.
30	The distribution of V, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,001	Reject the null hypothesis.
31	The distribution of Zn, ug/L is the same across categories of Place.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,629 ¹	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

¹Exact significance is displayed for this test.

4.2.3 Αποτελέσματα για διερεύνηση 4^{ης} μηδενικής υπόθεσης

Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζεται Μη παραμετρική ανάλυση (kruskal-Wallis) για ανεξάρτητα δείγματα μεταξύ των ημερών δειγματοληψίας.

$$H_0: \mu_{\text{COD, DAY1}} = \mu_{\text{COD, DAY2}} = \mu_{\text{COD, DAY3}} = \dots$$

Πίνακας 4.5: Μη παραμετρική ανάλυση (kruskal-Wallis) για ανεξάρτητα δείγματα μεταξύ των ημερών δειγματοληψίας.

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of COD, mg O ₂ /L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,008	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of EC uS/cm is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,011	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of TSS, mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,250	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of TDS, mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,010	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of pH is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,006	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of FOG, mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,149	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of T.Coliforms, cfu/100ml is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,209	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of NO ₃ , mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,149	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of NO ₂ , mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,149	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of NH ₄ , mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,145	Retain the null hypothesis.
11	The distribution of SO ₄ , mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,149	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
12	The distribution of Cl, mg/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,011	Reject the null hypothesis.
13	The distribution of Ag, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
14	The distribution of Al, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,017	Reject the null hypothesis.
15	The distribution of As, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
16	The distribution of Ba, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,008	Reject the null hypothesis.
17	The distribution of Bi, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,505	Retain the null hypothesis.
18	The distribution of Cd, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
19	The distribution of Co, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,223	Retain the null hypothesis.
20	The distribution of Cr, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,107	Retain the null hypothesis.
21	The distribution of Cu, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,575	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
22	The distribution of Fe, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,016	Reject the null hypothesis.
23	The distribution of Hg, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
24	The distribution of Mn, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,492	Retain the null hypothesis.
25	The distribution of Mo, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,123	Retain the null hypothesis.
26	The distribution of Ni, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,098	Retain the null hypothesis.
27	The distribution of P, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,035	Reject the null hypothesis.
28	The distribution of Pb, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,031	Reject the null hypothesis.
29	The distribution of Sr, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,001	Reject the null hypothesis.
30	The distribution of V, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,010	Reject the null hypothesis.
31	The distribution of Zn, ug/L is the same across categories of Date.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,012	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

4.2.4 Αποτελέσματα για διερεύνηση 5^{ης} μηδενικής υπόθεσης

Στον πίνακα 4.6 μελετάται κατά πόσο η ένταση της βροχόπτωσης (5 βαθμίδες βροχόπτωσης, df=4) επηρεάζει τη συγκέντρωση των ρύπων.

$$5^{\text{η}} H_0 : \mu_{\text{ένταση}0}^{\text{ρόπος}i} = \mu_{\text{ένταση}1}^{\text{ρόπος}i} = \dots = \mu_{\text{ένταση}4}^{\text{ρόπος}i}$$

Πίνακας 4.6: Μη παραμετρική ανάλυση (kruskal-Wallis) για ανεξάρτητα δείγματα μεταξύ ομάδων-έντασης της βροχόπτωσης

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of COD, mg O2 /L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,002	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of EC uS/cm is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,003	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of TSS, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,000	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of TDS, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,003	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of pH is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,977	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of FOG, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,573	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of T.Coliforms, cfu/100ml is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,243	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of NO3, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,314	Retain the null hypothesis.
9	The distribution of NO2, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,573	Retain the null hypothesis.
10	The distribution of NH4, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,877	Retain the null hypothesis.
11	The distribution of SO4, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,879	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
12	The distribution of Cl, mg/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,010	Reject the null hypothesis.
13	The distribution of Ag, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
14	The distribution of Al, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,220	Retain the null hypothesis.
15	The distribution of As, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
16	The distribution of Ba, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,006	Reject the null hypothesis.
17	The distribution of Bi, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,655	Retain the null hypothesis.
18	The distribution of Cd, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
19	The distribution of Co, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	1,000	Retain the null hypothesis.
20	The distribution of Cr, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,747	Retain the null hypothesis.
21	The distribution of Cu, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,084	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
22	The distribution of Fe, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,462	Retain the null hypothesis.
23	The distribution of Hg, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.	Unable to compute.
24	The distribution of Mn, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,252	Retain the null hypothesis.
25	The distribution of Mo, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,487	Retain the null hypothesis.
26	The distribution of Ni, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,252	Retain the null hypothesis.
27	The distribution of P, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,007	Reject the null hypothesis.
28	The distribution of Pb, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,677	Retain the null hypothesis.
29	The distribution of Sr, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,102	Retain the null hypothesis.
30	The distribution of V, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,169	Retain the null hypothesis.
31	The distribution of Zn, ug/L is the same across categories of Rainfall.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	,187	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

4.2.5 Αποτελέσματα για διερεύνηση ύπαρξης συσχέτισης μεταξύ παραμέτρων

Πίνακας 4.7: Συσχέτιση μεταξύ παραμέτρων (Spearman)

Όπου Corr Coef= Correlation Coefficient

		Rainfall	COD, mg O ₂ /L	EC uS/cm	TSS, mg/L	TDS, mg/L	pH	FOG, mg/L	T.Colliforms cfu/100ml	NO ₃ , mg/L	NO ₂ , mg/L	NH ₄ , mg/L	SO ₄ , mg/L	Cl, mg/L	Al, ug/L	Ba, ug/L	Cu, ug/L	Fe, ug/L	Mn, ug/L	Ni, ug/L	P, ug/L	Pb, ug/L	Sr, ug/L	V, ug/L	Zn, ug/L	
Spearman's rho	Rainfall	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	1,000 . 52	,458** ,001 52	,449** ,001 52	,687** ,000 52	,449** ,001 52	-,050 ,727 52	,274 ,476 9	,456 ,217 9	,365 ,334 9	,274 ,476 9	-,092 ,815 9	-,091 ,815 9	,424** ,002 52	,025 ,863 52	,341** ,013 52	,319 ,037 43	,141 ,319 52	,302 ,078 35	,143 ,444 31	,238 ,090 52	,005 ,972 43	,287** ,039 52	,117 ,412 51	,134 ,458 33
	COD mg/L	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,458** ,001 52	1,000 . 52	,815** ,000 52	,777** ,000 52	,795** ,000 52	-,383** ,005 52	,933** ,000 9	,867** ,002 9	,883** ,002 9	,917** ,001 9	,912** ,001 9	,950** ,000 9	,769** ,000 52	,147 ,298 52	,692** ,000 52	,442** ,003 43	-,161 ,254 52	,231 ,182 35	,171 ,359 31	,363** ,008 52	,096 ,538 43	,695** ,000 52	,020 ,889 51	,204 ,256 33
	EC uS/cm	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,449** ,001 52	,815** ,000 52	1,000 . 52	,755** ,000 52	,989** ,000 52	-,455** ,001 52	,845** ,004 9	,862** ,003 9	,862** ,003 9	,828** ,006 9	,933** ,000 9	,837** ,005 9	,945** ,000 52	-,011 ,936 52	,674** ,000 52	,383** ,011 43	-,259 ,064 52	,466** ,005 35	,293 ,110 31	,300** ,031 52	,038 ,808 43	,733** ,000 52	-,057 ,690 51	,391** ,025 33
	TSS mg/L	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,687** ,000 52	,777** ,000 52	,755** ,000 52	1,000 . 52	,747** ,000 52	-,299** ,031 52	,917** ,001 9	,850** ,004 9	,900** ,001 9	,900** ,001 9	,653 ,057 9	,733** ,025 9	,710** ,000 52	,028 ,846 52	,658** ,000 52	,496** ,001 43	-,006 ,969 52	,468** ,005 35	,253 ,170 31	,355** ,010 52	-,027 ,866 43	,641** ,000 52	,176 ,216 51	,305 ,085 33
	TDS mg/L	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,449** ,001 52	,795** ,000 52	,989** ,000 52	,747** ,000 52	1,000 . 52	-,448** ,001 52	,850** ,004 9	,817** ,007 9	,833** ,005 9	,833** ,005 9	,946** ,000 9	,883** ,002 9	,931** ,000 52	-,026 ,854 52	,682** ,000 52	,422** ,005 43	-,255 ,068 52	,445** ,007 35	,339 ,062 31	,300** ,031 52	,041 ,794 43	,720** ,000 52	-,067 ,638 51	,424** ,014 33
	pH	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	-,050 ,727 52	-,383** ,005 52	-,455** ,001 52	-,299** ,031 52	-,448** ,001 52	1,000 . 52	-,276 ,472 9	-,234 ,544 9	-,201 ,604 9	-,293 ,444 9	-,311 ,415 9	-,410 ,273 9	-,384** ,005 52	-,275 ,048 52	-,614** ,000 52	-,026 ,868 43	-,051 ,721 52	-,372** ,028 35	-,325 ,075 31	-,392** ,004 52	,406** ,007 43	-,447** ,001 52	-,144 ,313 51	,148 ,413 33
	FOG mg/L	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,274 ,476 9	,933** ,000 9	,845** ,004 9	,917** ,001 9	,850** ,004 9	-,276 ,472 9	1,000 . 9	,900** ,001 9	,983** ,000 9	,983** ,000 9	,812** ,008 9	,883** ,002 9	,833** ,005 9	,650 ,058 9	,633 ,067 9	,964** ,000 7	,583 ,099 9	,919** ,000 9	,749 ,020 9	,633 ,067 9	,991** ,000 7	,500 ,170 9	,109 ,781 9	,879** ,002 9
	T.Collif cfu/100ml	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,456 ,217 9	,867** ,002 9	,862** ,003 9	,850** ,004 9	,817** ,007 9	-,234 ,544 9	,900** ,001 9	1,000 . 9	,933** ,000 9	,883** ,002 9	,736** ,024 9	,717** ,030 9	,850** ,004 9	,783** ,013 9	,767** ,016 9	,857** ,014 7	,817** ,007 9	,911** ,001 9	,722** ,028 9	,750** ,020 9	,847** ,016 7	,433 ,244 9	,134 ,731 9	,762** ,017 9
	NO ₃ , mg/L	Corr Coef Sig. (2-tailed) N	,365 ,334 9	,883** ,002 9	,862** ,003 9	,900** ,001 9	,833** ,005 9	-,201 ,604 9	,983** ,000 9	,933** ,000 9	1,000 . 9	,967** ,000 9	,778** ,014 9	,817** ,007 9	,850** ,004 9	,633 ,067 9	,617 ,077 9	,964** ,000 7	,617 ,077 9	,919** ,000 9	,749 ,020 9	,617 ,077 9	,991** ,000 7	,467 ,205 9	,109 ,781 9	,837** ,005 9

		Rainfall	COD, mg O ₂ /L	EC uS/cm	TSS, mg/L	TDS, mg/L	pH	FOG, mg/L	T. Coliforms cfu/100ml	NO ₃ , mg/L	NO ₂ , mg/L	NH ₄ , mg/L	SO ₄ , mg/L	Cl, mg/L	Al, ug/L	Ba, ug/L	Cu, ug/L	Fe, ug/L	Mn, ug/L	Ni, ug/L	P, ug/L	Pb, ug/L	Sr, ug/L	V, ug/L	Zn, ug/L
NO ₂ , mg/L	Corr Coef	,274	,917**	,828**	,900**	,833**	-,293	,983	,883	,967**	1,000	,795	,867**	,817**	,633	,617	1,000**	,600	,902**	,731*	,617	,937**	,483	,126	,895**
	Sig. (2-tailed)	,476	,001	,006	,001	,005	,444	,000	,002	,000	.	,010	,002	,007	,067	,077	.	,088	,001	,025	,077	,002	,187	,748	,001
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	9	7	9	9	9	9
NH ₄ , mg/L	Corr Coef	-,092	,912**	,933**	,653	,946**	-,311	,812**	,736	,778	,795	1,000	,946**	,912**	,460	,427	,857	,435	,731*	,800**	,460	,883**	,293	,176	,895**
	Sig. (2-tailed)	,815	,001	,000	,057	,000	,415	,008	,024	,014	,010	.	,000	,001	,213	,252	,014	,242	,025	,010	,213	,008	,444	,650	,001
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	9	7	9	9	9
SO ₄ , mg/L	Corr Coef	-,091	,950**	,837**	,733	,883**	-,410	,883**	,717	,817**	,867**	,946**	1,000	,817**	,533	,500	,857	,417	,749	,775*	,550	,883**	,417	,201	,929**
	Sig. (2-tailed)	,815	,000	,005	,025	,002	,273	,002	,030	,007	,002	.	,007	,139	,170	,014	,265	,020	,014	,125	,008	,265	,604	,000	
	N	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	7	9	9	9	9
Cl, mg/L	Corr Coef	,424**	,769**	,945**	,710**	,931**	-,384**	,833	,850**	,850**	,817**	,912**	,817**	1,000	-,035	,630**	,354	-,314	,393	,254	,233	,032	,676**	-,100	,368*
	Sig. (2-tailed)	,002	,000	,000	,000	,000	,005	,005	,004	,004	,007	,001	,007	.	,805	,000	,020	,023	,020	,167	,097	,839	,000	,486	,035
	N	52	52	52	52	52	52	9	9	9	9	9	9	52	52	52	43	52	35	31	52	43	52	51	33
Al, ug/L	Corr Coef	,025	,147	-,011	,028	-,026	-,275	,650	,783	,633	,633	,460	,533	-,035	1,000	,309	,007	,456**	,084	,005	,381**	,061	,078	,199	-,420
	Sig. (2-tailed)	,863	,298	,936	,846	,854	,048	,058	,013	,067	,067	,213	,139	,805	.	,026	,964	,001	,632	,979	,005	,699	,584	,161	,015
	N	52	52	52	52	52	52	9	9	9	9	9	9	52	52	52	43	52	35	31	52	43	52	51	33
Ba, ug/L	Corr Coef	,341	,692**	,674**	,658**	,682**	-,614**	,633	,767	,617	,617	,427	,500	,630**	,309	1,000	,387	,127	,396	,076	,741**	-,278	,665**	,358	-,010
	Sig. (2-tailed)	,013	,000	,000	,000	,000	,000	,067	,016	,077	,077	,252	,170	,000	,026	.	,010	,368	,019	,683	,000	,071	,000	,010	,956
	N	52	52	52	52	52	52	9	9	9	9	9	9	52	52	52	43	52	35	31	52	43	52	51	33
Cu, ug/L	Corr Coef	,319	,442**	,383	,496**	,422**	-,026	,964**	,857	,964**	1,000**	,857	,857	,354	,007	,387	1,000	,062	,204	,422	,446**	,181	,247	,166	,537**
	Sig. (2-tailed)	,037	,003	,011	,001	,005	,868	,000	,014	,000	.	,014	,014	,020	,964	,010	.	,693	,307	,045	,003	,263	,111	,294	,004
	N	43	43	43	43	43	43	7	7	7	7	7	7	43	43	43	43	43	37	23	43	40	43	42	27
Fe, ug/L	Corr Coef	,141	-,161	-,259	-,006	-,255	-,051	,583	,817**	,617	,600	,435	,417	-,314	,456**	,127	,062	1,000	,292	,213	,365**	,114	-,198	,422**	-,171
	Sig. (2-tailed)	,319	,254	,064	,969	,068	,721	,099	,007	,077	,088	,242	,265	,023	,001	,368	,693	.	,088	,249	,008	,467	,159	,002	,343
	N	52	52	52	52	52	52	9	9	9	9	9	9	52	52	52	43	52	35	31	52	43	52	51	33
Mn, ug/L	Corr Coef	,302	,231	,466**	,468**	,445**	-,372	,919**	,911**	,919**	,902**	,731	,749	,393	,084	,396	,204	,292	1,000	,458*	,358	,257	,125	,160	,394
	Sig. (2-tailed)	,078	,182	,005	,005	,007	,028	,000	,001	,000	,001	,025	,020	,020	,632	,019	,307	,088	.	,032	,035	,196	,476	,359	,070
	N	35	35	35	35	35	35	9	9	9	9	9	9	35	35	35	27	35	35	22	35	27	35	35	22
Ni, ug/L	Corr Coef	,143	,171	,293	,253	,339	-,325	,749	,722	,749	,731	,800**	,775	,254	,005	,076	,422	,213	,458*	1,000	,017	,422	,022	-,006	,428*
	Sig. (2-tailed)	,444	,359	,110	,170	,062	,075	,020	,028	,020	,025	,010	,014	,167	,979	,683	,045	,249	,032	.	,929	,050	,905	,974	,029
	N	31	31	31	31	31	31	9	9	9	9	9	9	31	31	31	23	31	22	31	31	22	31	31	26
P, ug/L	Corr Coef	,238	,363**	,300	,355**	,300	-,392**	,633	,750	,617	,617	,460	,550	,233	,381**	,741**	,446**	,365**	,358*	,017	1,000	-,121	,310	,568**	-,284
	Sig. (2-tailed)	,090	,008	,031	,010	,031	,004	,067	,020	,077	,077	,213	,125	,097	,005	,000	,003	,008	,035	,929	.	,440	,025	,000	,109
	N	52	52	52	52	52	52	9	9	9	9	9	9	52	52	52	43	52	35	31	52	43	52	51	33
Pb, ug/L	Corr Coef	,005	,096	,038	-,027	,041	,406**	,991**	,847	,991**	,937**	,883**	,883**	,032	,061	-,278	,181	,114	,257	,422	-,121	1,000	-,221	-,126	,304
	Sig. (2-tailed)	,972	,538	,808	,866	,794	,007	,000	,016	,000	,002	,008	,008	,839	,699	,071	,263	,467	,196	,050	,440	.	,154	,426	,123
	N	43	43	43	43	43	43	7	7	7	7	7	7	43	43	43	40	43	27	22	43	43	43	42	27

		Rainfall	COD, mg O ₂ /L	EC uS/cm	TSS, mg/L	TDS, mg/L	pH	FOG, mg/L	T. Coliforms cfu/100ml	NO ₃ , mg/L	NO ₂ , mg/L	NH ₄ , mg/L	SO ₄ , mg/L	Cl, mg/L	Al, ug/L	Ba, ug/L	Cu, ug/L	Fe, ug/L	Mn, ug/L	Ni, ug/L	P, ug/L	Pb, ug/L	Sr, ug/L	V, ug/L	Zn, ug/L
Sr, ug/L	Corr Coef	,287*	,695**	,733**	,641**	,720**	-,447**	,500	,433	,467	,483	,293	,417	,676**	,078	,665**	,247	-,198	,125	,022	,310*	-,221	1,000	-,018	,072
	Sig. (2-tailed)	,039	,000	,000	,000	,000	,001	,170	,244	,205	,187	,444	,265	,000	,584	,000	,111	,159	,476	,905	,025	,154	.	,899	,691
	N	52	52	52	52	52	52	9	9	9	9	9	9	52	52	52	43	52	35	31	52	43	52	51	33
V, ug/L	Corr Coef	,117	,020	-,057	,176	-,067	-,144	,109	,134	,109	,126	,176	,201	-,100	,199	,358*	,166	,422**	,160	-,006	,568**	-,126	-,018	1,000	-,214
	Sig. (2-tailed)	,412	,889	,690	,216	,638	,313	,781	,731	,781	,748	,650	,604	,486	,161	,010	,294	,002	,359	,974	,000	,426	,899	.	,232
	N	51	51	51	51	51	51	9	9	9	9	9	9	51	51	51	42	51	35	31	51	42	51	51	33
Zn, ug/L	Corr Coef	,134	,204	,391*	,305	,424*	,148	,879**	,762*	,837**	,895**	,895**	,929**	,368*	-,420*	-,010	,537**	-,171	,394	,428*	-,284	,304	,072	-,214	1,000
	Sig. (2-tailed)	,458	,256	,025	,085	,014	,413	,002	,017	,005	,001	,001	,000	,035	,015	,956	,004	,343	,070	,029	,109	,123	,691	,232	.
	N	33	33	33	33	33	33	9	9	9	9	9	9	33	33	33	27	33	22	26	33	27	33	33	33

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). * . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Συζήτηση –Συμπεράσματα

5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται πάρθηκαν από τις μετρήσεις συνολικά 50+2 δειγμάτων-νερών. Τα δύο δείγματα αποτελούν τις πρώτες ροές (first flush) για το έτος 2012 και 2013. Οι υπόλοιπες 50 μετρήσεις είναι κατά τη διάρκεια της περιόδου βροχών του 2012-2013.

5.1.1 Συζήτηση για τη 1^η μηδενική υπόθεση

Στον πίνακα 4.1 φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα από τις πειραματικές μετρήσεις σε αντιστοίχιση με τα νομοθετικά όρια ύδρευσης και άρδευσης της Κυπριακής νομοθεσίας. Παραθέτονται επίσης το νομοθετικά όρια για πόσιμα νερά από την αμερικάνικη υπηρεσία προστασίας περιβάλλοντος (EPA). Συγκρίνοντας τις πειραματικές μετρήσεις με τα νομοθετικά όρια (όπου υπάρχουν) φαίνεται καθαρά ότι τα όμβρια ύδατα είναι επιφορτισμένα με ψηλές συγκεντρώσεις ρύπων. Αυτό συμβαίνει ιδιαίτερα στις πρώτες πλύσεις (first flush), όπως αναφέρουν και οι Li, L. et al., 2007. Η ανάλυση των ρύπων που εντοπίζονται δίνεται παρακάτω.

Το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (COD) είναι μια παράμετρος που δείχνει άμεσα το βαθμό επιμόλυνσης ενός ύδατος (Naddeo et al., 2013). Νομοθετικά δεν έχουν καθοριστεί ανώτατα όρια επομένως δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα τα αποτελέσματα. Παρ' όλα αυτά όμως, η συγκέντρωση του COD πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή ώστε να μπορεί ένα νερό να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο (Virikutyte et al., 2006). Τα απόβλητα νερά που προέρχονται από οικιακή χρήση (γκρίζα νερά), διαχειρίζονται καταλλήλως για να μειωθεί το COD σε χαμηλά

επίπεδα ώστε να μπορούν να θεωρούνται πόσιμα (Antonopoulou, 2013). Ο μέσος όρος του COD από τις πειραματικές μετρήσεις (75 mg/L) θεωρείται αρκετά υψηλή τιμή για τα πόσιμα νερά. Σίγουρα έχουμε πολύ πιο χειρότερη κατάσταση για τα νερά που προέρχονται από τις πρώτες απορροές του οδικού δικτύου (first flush) των οποίων η συγκέντρωση φτάνει στα 2750 και 3050 mg/L.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με μέσο όρο 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ θα μπορούσε να πει κανείς ότι είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα. Εντούτοις, με νομοθετικά όρια 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (άρδευση) και 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (για ύδρευση) μπορεί εύκολα να απορριφθεί το νερό των πρώτων πλύσεων.

Στα πόσιμα νερά δεν πρέπει να υπάρχουν διακριτά αιωρούμενα σωματίδια (TSS) για αισθητικούς λόγους. Νομοθετικά όρια καθορίστηκαν μόνο στα νερά που προορίζονται για άρδευση (10 mg/L). Συνήθως στα πόσιμα νερά μετρούνται συγκεντρώσεις μικρότερες από 10 mg/L. Όλα τα νερά από τις απορροές του οδικού δικτύου έχουν υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων, πράγμα που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μια παράμετρος που θα πρέπει να ελεγχθεί στα όμβρια ύδατα.

Τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) για καθαρά αισθητικούς και γευστικούς λόγους έχουν τιμή αναφοράς τα 500 mg/L (WHO, 2008; EPA, 2013). Η τιμή αυτή όπως φαίνεται από τις μετρήσεις πολλές φορές ξεφεύγει εκτός ορίων, ιδιαίτερα στις πρώτες πλύσεις.

Το pH των όμβριων υδάτων είναι μέσα στα νομοθετικά όρια που καθορίστηκαν (6,5-9,5). Οι τιμές των pH κυμαίνονται από 7,06 μέχρι 8,57. Να σημειωθεί ότι συνήθως το pH της βροχής είναι ελαφρώς όξινο λόγω ισορροπίας του διοξειδίου του άνθρακα με το νερό της βροχής (σχηματίζεται το ασθενές ανθρακικό οξύ). Πιθανότατα, στη περίπτωση της Κύπρου το pH των νερών στις απορροές είναι ελαφρώς αλκαλικό λόγω της επαφής του νερού με το αλκαλικό έδαφος/σκόνη στο οδόστρωμα. Κάτι ανάλογο παρατηρήθηκε σε νερά βροχής από εδάφη στο Ιράκ (Moore et al., 2011). Σύμφωνα με τους ίδιους η αλκαλικότητα της σκόνης του εδάφους μεταφέρεται μέσω της βροχής στα όμβρια ύδατα και από εκεί στους υδάτινους αποδέκτες. Η μεγάλη χρονική περίοδος ανομβρίας του καλοκαιριού σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες, ευνοούν το σχηματισμό αιωρούμενης σκόνης που μεταναστεύει λόγω ανέμου ή ανατάραξης στο οδικό δίκτυο. Επίσης το φαινόμενο μεταφοράς σκόνης από τις γειτονικές ερήμους συμβαίνει συχνά στην Κύπρο.

Στα νερά άρδευσης και ύδρευσης δεν πρέπει να περιέχονται καθόλου λίπη και έλαια (FOG). Η συγκέντρωση 5 mg/L που καθορίστηκε στα νερά άρδευσης, είναι σχετικά ψηλή τιμή, η οποία υποβαθμίζει το νερό έντονα. Με μια τέτοια συγκέντρωση οργανικών ρύπων το νερό καθίσταται γευστικώς ως μη επιθυμητό για κατανάλωση. Στα δείγματα που μετρήθηκαν οι τιμές ήταν σε αρκετές περιπτώσεις ψηλότερες.

Στα όμβρια ύδατα εντοπίστηκε μεγάλος μικροβιακός φόρτος από κολοβακτηρίδια (total coliforms). Η πηγή προέλευσης τους είναι τα περιττώματα των ζώων από το οδικό δίκτυο και το ίδιο το έδαφος. Η επικινδυνότητα των βακτηριδίων αυτών (Laurent, St, J. and Mazumder, A., 2013; Price, W. et al., 2013; Scholz, M., 2006) είναι ο λόγος που στα πόσιμα νερά δεν επιτρέπεται να υπάρχουν καθόλου. Βρέθηκε ότι ο μικροβιακός φόρτος που υπάρχει στα όμβρια νερά, μεταφέρεται και υποβαθμίζει τα ύδατα όπου καταλήγουν (Laurent St, J. and Mazumder, A., 2013) ακόμη και τα υπόγεια. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι απαιτείται σωστή διαχείριση των υδάτων που απορρέουν από τους δρόμους.

Οι αζωτούχες ουσίες (NO_3 , NO_2 , NH_4) μπορούν να προκαλέσουν έντονα το φαινόμενο του ευτροφισμού στα επιφανειακά νερά που καταλήγουν και γι' αυτό μελετάται η παρουσία τους (Addiscott T. M., 2004; Ansari A. et al., 2011). Στα όμβρια ύδατα που συλλέχτηκαν δεν εντοπίστηκαν ψηλές τιμές αζωτούχων ενώσεων. Στις πρώτες ροές βρέθηκε συγκέντρωση 32 και 36 mg/L νιτρικών ενώ τα νομοθετικά όρια για το πόσιμο νερό είναι 50 mg/L. Παρόλα αυτά η περιοχή μελέτης λόγω του ότι είναι ήδη επιβαρυνμένη με ψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών (Christophi, C. and Constantinou, C. A., 2011), η οποιαδήποτε επιπλέον επιβάρυνση δεν είναι καθόλου επιθυμητή. Πηγή προέλευσης των νιτρικών θεωρείται η γεωργική δραστηριότητα της περιοχής (Christophi, C. and Constantinou, C. A., 2011; Addiscott T. M., 2004) καθώς και το οδικό δίκτυο (Kayhanian et al., 2012b).

Στα όμβρια ύδατα που συλλέχτηκαν και αναλύθηκαν η παρουσία των θεικών (SO_4^{2-}) και χλωριούχων (Cl^-) αλάτων έχουν τέτοιο βαθμό συγκέντρωσης που δεν προκαλεί ανησυχία. Μια ενδεικτική τιμή για τα θειικά από τη περιοχή B δείχνει ότι είναι σε ψηλότερη συγκέντρωση (80 mg/L) από ότι στην περιοχή A (32 mg/L). Αν και είναι σχετικά σε κοντινή απόσταση οι δύο περιοχές (10 km) το έδαφος στη περιοχή B περιέχει περισσότερα θειικά άλατα και αυτό δικαιολογεί τη διαφορά στις συγκεντρώσεις των θεικών. Η περιοχή B

βρίσκεται κοντά στη προστατευμένη περιοχή της Ριζοελιάς που περιέχει γυψούχα εδάφη (Pantazis Th., 1979).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων κάποια από τα μέταλλα εμφανίζονται σε ψηλές συγκεντρώσεις ενώ άλλα σε χαμηλές. Τα μέταλλα που δεν ανιχνεύτηκαν καθόλου ή που μετρήθηκαν χαμηλότερα από το όριο ποσοτικοποίησης (LOQ) τους είναι ο άργυρος (Ag), το κάδμιο (Cd), το κοβάλτιο (Co), ο υδράργυρος (Hg), το παλλάδιο (Pd), ο λευκόχρυσος (Pt) και το ρόδιο (Rh). Από αυτά ανιχνεύτηκαν στις πρώτες απορροές (που είναι ψηλότερες οι συγκεντρώσεις) μόνο το κάδμιο σε συγκέντρωση 6 µg/L και το κοβάλτιο σε 10 µg/L. Ο λόγος που δεν ανιχνεύτηκαν στα άλλα δείγματα είναι γιατί οι ρύποι αραιώνονταν από το τρεχούμενο νερό σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην μετρούνται από το όργανο. Το κάδμιο στη συγκέντρωση αυτή βρίσκεται πάνω από τα νομοθετικά όρια ύδρευσης της Κύπρου και των ΗΠΑ.

Στη βιβλιογραφία μελετήθηκε η παρουσία ευγενών μετάλλων, δηλαδή παλλάδιο (Pd), πλατίνα (Pt) και ρόδιο (Rh) και αναφέρεται ότι οφείλεται στους καταλύτες των σύγχρονων οχημάτων (Sures B. et al., 2001). Στις πειραματικές μετρήσεις που έγιναν δεν βρέθηκαν τα συγκεκριμένα στοιχεία γιατί η διακριτική ικανότητα του οργάνου δεν είναι αρκετή. Λόγω απουσίας προτύπων βαθμονόμησης στο εργαστήριο των ευγενών μετάλλων, μελετήθηκε ποιοτικά η ανίχνευση τους με τεχνική σάρωσης του φάσματος (scan). Αναλύθηκε ένα γενικό δείγμα από όλα τα νερά και οι πρώτες ροές που αναμένεται να περιέχουν ρύπους σε πιο ψηλές συγκεντρώσεις. Για τα μέταλλα Pd, Pt φαίνεται να διαφοροποιείται το σήμα του οργάνου στα συγκεκριμένα μήκη κύματος των στοιχείων αυτών στα δείγματα των πρώτων ροών. Επειδή όμως είναι της τάξης του θορύβου του οργάνου δεν μπορεί να ειπωθεί με βεβαιότητα αν εντοπίζονται. Ίσως με μια άλλη τεχνική δειγματοληψίας όπου θα συλλέγεται πιο πυκνό το δείγμα ή με άλλο πιο ευαίσθητο όργανο (πχ ICP-MS) να μπορεί να προσδιοριστεί η συγκέντρωση αυτών των στοιχείων στα όμβρια ύδατα.

Παρόμοιο πρόβλημα εμφανίζεται κατά τη μέτρηση του υδραργύρου. Η παρουσία του υδραργύρου στα όμβρια ύδατα από τους αυτοκινητόδρομους είναι δεδομένη αλλά σε πολύ πιο χαμηλές συγκεντρώσεις από αυτές που μπορεί το συγκεκριμένο όργανο να μετρήσει. Η ομάδα των Eckley και Branfireun (2009) βρήκαν υδράργυρο σε συγκεντρώσεις της τάξης των

0,136 $\mu\text{g/L}$ (και κάτω) ενώ η ικανότητα μέτρησης του συγκεκριμένου οργάνου είναι από 3 $\mu\text{g/L}$ και πάνω. Οι ίδιοι αναφέρουν ότι ο υδράργυρος μεταφέρεται μέσα στα πρώτα λεπτά της βροχόπτωσης και αυτός είναι ένας επιπλέον λόγος που δεν εντοπίστηκε μιας και τα πρώτα δείγματα παίρνονταν στα 15 λεπτά. Το ότι δεν μετρήθηκαν τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν. Η μεγάλη βιοσυσσωρευτική ικανότητα του υδραργύρου σε συνδυασμό με την μεγάλη τοξικότητα του επιβάλλει να γίνουν μετρήσεις με άλλο καταλληλότερο εξοπλισμό που να έχει την ικανότητα τα φτάσει σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ανίχνευση του βισμούθιου (Bi). Βιβλιογραφικά αναφέρεται ότι παρουσιάζεται στους δρόμους εξαιτίας της ύπαρξης του στις γαλβανικές επικαλύψεις των οχημάτων (Pistofodis et al., 2007). Πιθανότατα στα νερά δεν αναφέρονται όρια για το βισμούθιο λόγω της σπανιότητας του. Η παρουσία όμως του συγκεκριμένου στοιχείου παρουσιάζει ενδιαφέρον λόγω της αμφιλεγόμενης δράσης του (Gonzalez-Weller D. et al., 2013).

Στα όμβρια ύδατα εμφανίζονται επίσης, σε υπολογίσιμες ποσότητες, στοιχεία τα οποία η προέλευση τους δικαιολογείται από τη χρήση των ελαστικών όπως Cu, Cr, Pb, Ni, Zn (Bohemen H. D. V and Janssen W.H, 2003) ενώ από τη χρήση λιπαντικών και καυσίμων ελευθερώνονται κυρίως Pb, Ni, V. Η τοξικότητα των όμβριων υδάτων οφείλεται κυρίως στο χαλκό και ψευδάργυρο (Kayhanian M., 2008). Πηγή προέλευσης για το χαλκό και τον σίδηρο στα πόσιμα νερά, μπορεί να είναι και το ίδιο το έδαφος που ξεπλένεται από το νερό (Smith et al., 2011). Ως γνωστόν τα εδάφη της Κύπρου είναι πλούσια σε χαλκό και σίδηρο βλ. γεωλογικό χάρτη της Κύπρου (Pantazis Th., 1979). Οι συγκεντρώσεις που προσδιορίστηκαν από τις πειραματικές μετρήσεις και παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι του νικελίου, που ξεπερνά το νομοθετικό όριο των 20 $\mu\text{g/L}$ και του σιδήρου με τιμή στις πρώτες πλύσεις να φτάνει τα 1391 $\mu\text{g/L}$ ενώ τα νομοθετικά όρια είναι 200 $\mu\text{g/L}$.

Επίσης παρουσιάζεται υψηλή συγκέντρωση του στοιχείου μαγγανίου ιδιαίτερα στις πρώτες πλύσεις. Νομοθετικά, στα πόσιμα νερά το μαγγάνιο επιτρέπεται να έχει συγκέντρωση μέχρι 50 $\mu\text{g/L}$. Η συγκέντρωση του μαγγανίου στις πρώτες πλύσεις είναι πολύ μεγαλύτερη. Η παρουσία του μαγγανίου στα εδάφη της Κύπρου δικαιολογείται λόγω της πυριγενούς προέλευσης των εδαφών της (Robertson A.H.F. and Hudson J.D. 1973). Μέχρι και σήμερα

υπάρχουν λατομεία που έχουν άδεια εξόρυξης και εκμετάλλευσης στοιχείων όπως το μαγγάνιο, ο σίδηρος και ο χαλκός.

Άλλα στοιχεία που βρέθηκαν σε ψηλές συγκεντρώσεις και παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι το βάριο (Ba) και το στρόντιο (Sr). Το στρόντιο απαντάται στα ελαστικά των οχημάτων με συγκέντρωση μέχρι και 70 mg/L = 70 000 µg/L (Apeagyei E., Bank M. S. and Spengler J. D., 2011). Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο τέλος του αυτοκινητόδρομου Α3 όπου οι οδηγοί των οχημάτων αναγκάζονται να φρενάρουν. Αυτό λογικά, οδηγεί σε αυξημένη κατάλυση των ελαστικών, περισσότερο στην περιοχή αυτή από ότι σε άλλες περιοχές που δεν απαιτείται να φρενάρουν. Ο λόγος της παρουσίας των στοιχείων αυτών στα νερά δεν οφείλεται μόνο στη χρήση των δρόμων αλλά και στη φυσική παρουσία τους στο έδαφος. Ανήκουν στην ομάδα των αλκαλικών γαιών (που ανήκουν και τα κοινά ασβέστιο και μαγνήσιο). Στο φλοιό της γης το Sr απαντάται κατά μέσο όρο με 370 mg/L ενώ το Ba με 425 mg/L. Αν και το βάριο είναι λίγο πιο κοινό από το στρόντιο στα νερά βρέθηκε σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Αυτό δικαιολογείται λόγω της δισδιαλυτότητας των ενώσεων του βαρίου έναντι του στρόντιου. Υπενθυμίζεται ότι οι πειραματικοί προσδιορισμοί έγιναν για τα διαλυμένα στα νερά συστατικά.

Από τα πιο πάνω διεξάγεται το συμπέρασμα ότι τα νερά των απορροών στους αυτοκινητόδρομους είναι επιβαρυνμένα με ρύπους που υποβαθμίζουν την ποιότητα των νερών όπου καταλήγουν. **Επομένως απορρίπτεται η 1^η μηδενική υπόθεση.**

5.1.2 Συζήτηση για τη 2^η και 3^η μηδενική υπόθεση

Χρονική σύγκριση (2^η μηδενική υπόθεση)

Από τον πίνακα 4.2 φαίνεται ότι για το πλείστον των παραμέτρων υπάρχει χρονικά μείωση στη συγκέντρωσή τους. Οι ρύποι ξεκινούν με ψηλές συγκεντρώσεις μειώνονται σταδιακά μέχρι τα πρώτα 60 λεπτά. Στο τελευταίο δείγμα (των 24 ωρών), συνήθως υπάρχει μικρή αύξηση στη συγκέντρωση. Αυτό πιθανόν να συμβαίνει γιατί τα δοχεία δειγματοληψίας έμεναν εκεί ανοικτά μέχρι την λήξη του χρόνου με αποτέλεσμα να μαζεύουν ρύπους συνεχώς. Στον πίνακα να διευκρινιστεί ότι παρουσιάζονται οι μέσες τιμές από πολλές μετρήσεις. Αυτό έχει σαν συνέπεια να μειώνει τις ακραίες διαφορές μεταξύ των δειγμάτων.

Αν μελετηθεί η συγκέντρωση των ρύπων χρονικά ανά ημέρα θα φανεί η διαφορά μεταξύ των 5 δειγμάτων.

Η 2^η μηδενική υπόθεση μελετά την ισότητα των μέσων τιμών για τα δείγματα που πάρθηκαν σε διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας. Στον **πίνακα 4.3** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τεστ Kruskal - Wallis από όλες τις πειραματικές μετρήσεις, σε σχέση με το χρόνο δειγματοληψίας. Το πρόβλημα που εντοπίζεται εδώ είναι η διαφορετικότητα των δειγμάτων. Δηλαδή τα πλείστα δείγματα, για κάθε βροχόπτωση στην ίδια ημέρα, έχουν χρονική μείωση των συγκεντρώσεων τους. Λαμβάνοντας όμως υπόψη όλες τις ημέρες οι διαφορές συνολικά μειώνονται με αποτέλεσμα να μην απορρίπτεται όπως αναμενόταν η μηδενική υπόθεση (για p-value 0,05). Με πλήρη βεβαιότητα (95%) απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση για τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS), το βάριο, το χαλκό, το φώσφορο και το στρόντιο. Ενώ για το Fe TDS COD EC μπορούν να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση για p-value κοντά στο 10% (0,1).

Λανθασμένα συμπεράσματα δείχνουν οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν δειγματοληπτικά για τα οποία μετρήθηκαν 7 στο σύνολο δείγματα, χωρισμένα σε 5 κατηγορίες-χρόνους. Οι παράμετροι αυτοί που δεν πρέπει να ληφθούν υπ' όψη είναι τα λίπη και έλαια, τα βακτηρίδια, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα αμμωνιακά και τα θειικά. Επίσης δεν θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι συγκεντρώσεις που βρίσκονται κάτω από το όριο ποσοτικοποίησης ή και πολύ κοντά λόγω της μεγάλης αβεβαιότητας στη συγκέντρωση αυτή. Εδώ περιλαμβάνονται διάφορα στοιχεία όπως Ag, As, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Bi, Αφαιρώντας τις παραμέτρους αυτές παραμένουν για μελέτη οι πιο κάτω:

Το pH φαίνεται να είναι χρονικά σταθερό. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη, μιας και το νερό της βροχής έχει περίπου το ίδιο pH με αυτό των όμβριων υδάτων και επομένως δεν αραιώνεται.

Το ίδιο σχετικά σταθερά στη συγκέντρωσή τους είναι και τα χλωριούχα. Αυτό πιθανόν να συμβαίνει γιατί τα χλωριούχα ως ιόντα βρίσκονται σε αφθονία στη φύση, ιδιαίτερα στις παραλιακές περιοχές όπως είναι η Λάρνακα.

Το αλουμίνιο ως μέταλλο υπάρχει σε αφθονία στο έδαφος. Η συγκέντρωση που προέρχεται από τα οχήματα φεύγει με τις πρώτες πλύσεις (330, 401 μg/L) και παραμένει στη συνέχεια μια συγκέντρωση που αποβάλλεται από σταθερά από τις ενώσεις του στο έδαφος (37 μg/L).

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με το μαγγάνιο. Οι πρώτες πλύσεις είχαν συγκέντρωση κοντά στις 2000 μg/L αλλά στη συνέχεια κρατήθηκε σταθερή συγκέντρωση γύρω στις 2-3 μg/L.

Το Ni, εκτός από κάποιες σποραδικές εξάρσεις, η συγκέντρωση του μετά τις πρώτες πλύσεις παρέμεινε σταθερή (4 μg/L). Στις πρώτες ροές είχε συγκέντρωση γύρω στα 40 μg/L.

Ο μόλυβδος Pb είχε σταθερή συγκέντρωση γύρω στα 3 μg/L. Ακόμη και στις πρώτες πλύσεις η συγκέντρωση του ήταν εκεί κοντά (9 και 6 μg/L). Αυτό δικαιολογείται λόγω της μεγάλης διασποράς των ενώσεων του μολύβδου. Στην αύξηση της διασποράς συνέβαλε η παρουσία των θεικών αλάτων (σχηματισμός του ιζήματος $PbSO_4$). Υπενθυμίζεται ότι προσδιορίστηκαν τα διαλυτά στο νερό στοιχεία και όχι τα ολικά με υγρή χώνευση. Η μέτρηση γινόταν μετά από διήθηση και απομάκρυνση των στερεών. Παρόμοια κατανομή για τον μόλυβδο Pb και τα στοιχεία Cu, Cd Zn, βρήκε η ερευνητική ομάδα των Wei, Q. et al. (2010), οι οποίοι δικαιολογούν την σταθερή παρουσία των συγκεκριμένων στοιχείων λόγω σχηματισμού σύμπλοκων ενώσεων τους ή λόγω της ιονικής τους μορφής.

Το βανάδιο στις πρώτες πλύσεις είχε συγκέντρωση γύρω στα 15 μg/L ενώ στη συνέχεια παρέμενε σταθερό γύρω στα 5 μg/L.

Η συγκέντρωση του ψευδάργυρου είχε εξάρσεις ανά ημέρα βροχόπτωσης αλλά στην ίδια ημέρα μειωνόταν η συγκέντρωσή του. Αυτό ήταν πιο έντονο σε υψηλές συγκεντρώσεις (40-70 μg/L) ενώ σε χαμηλές η συγκέντρωση παρέμενε σταθερή όπως αναφέρουν και οι Wei, Q. et al. (2010).

Συνοπτικά φαίνεται ότι οι ρύποι, μειώνονται όσο περνά ο χρόνος, λόγω αραίωσης. Το φαινόμενο είναι πιο έντονο όσο πιο μεγάλη είναι η συγκέντρωση των ρύπων. Για τους ρύπους που είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις δεν συμβαίνει αυτό γιατί, οι ρύποι αποβάλλονται από το έδαφος και τους πόρους του οδοστρώματος σταθερά.

Από τα πιο πάνω συμπεράνεται ότι τα νερά των απορροών στους αυτοκινητόδρομους χρονικά δεν έχουν την ίδια συγκέντρωση ρύπων. **Επομένως απορρίπτεται η 2^η μηδενική υποθεση.**

Σύγκριση περιοχών A και B

Για τη σύγκριση των δύο περιοχών μελέτης A και B χρησιμοποιήθηκε το μη παραμετρικό τεστ Mann - Whitney - Wilcoxon. Από τον **πίνακα 4.4** αν αγνοήσουμε τις μετρήσεις που ήταν λίγες αριθμητικά (δηλ. τα λίπη και έλαια, τα βακτηρίδια, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα αμμωνιακά και τα θειικά) ή όσες μετρήσεις ήταν κοντά στα όρια του LOQ (για τα στοιχεία Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Hg, Mo) έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Για τις παραμέτρους του COD, της αγωγιμότητας (EC), των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS), τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS), τα χλωριούχα ιόντα (Cl⁻) είναι ξεκάθαρο ότι ο υπολογιζόμενος συντελεστής στατιστικής σημαντικότητας (sig) είναι μικρότερος από τον καθορισμένο, θεωρητικό συντελεστή-όριο (p-value=0,05). Σ' αυτή τη περίπτωση απορρίπτεται εύκολα η μηδενική υπόθεση. Δηλ οι συγκεκριμένοι ρύποι στις δύο περιοχές παρουσιάζουν διαφορές στη συγκέντρωσή τους. Αυτό είναι αναμενόμενο λόγω της διαφοράς στη χρήση του οδικού δικτύου, στο είδος και αριθμό οχημάτων στη διαφορετική χρήση της γης.

Οι παράμετροι που η συγκέντρωσή τους δεν διαφοροποιείται μεταξύ των δύο περιοχών είναι το pH, το Al, το Ba, ο Cu, το Mn, το Ni, ο P, ο Pb και ο Zn. Το pH είναι όπως αναμενόταν σταθερό. Ο φώσφορος είναι σε σχετικά υψηλή συγκέντρωση και στις δύο περιοχές πράγμα λογικό αφού και οι δύο περιοχές γειτνιάζουν με μικρές αγροτικές περιοχές. Η οργανική ύλη συνυπάρχει μαζί με το χώμα που μεταφέρεται στους δρόμους από τα αυτοκίνητα ή από τον άνεμο. Παρομοίως δικαιολογείται η σταθερότητα για τις συγκεντρώσεις του βαρίου και του μαγγανίου αφού και αυτά τα στοιχεία υπάρχουν σε αφθονία στα εδάφη της περιοχής. Τα στοιχεία αυτά μεταφέρονται από το έδαφος στο νερό.

Από τα πιο πάνω συμπερένεται ότι η συγκεντρώση των ρύπων στα νερά των απορροών, διαφοροποιείται μεταξύ των δύο περιοχών. Αυτό συμβαίνει σε όσες παράμετρους επηρεάζονται από τη χρήση των δρόμων και τη χρήση γης, εφόσον εννοείται διαφέρει ο τρόπος χρήσης τους. **Επομένως απορρίπτεται η 3^η μηδενική υποθεση.**

5.1.3 Συζήτηση για τη 4^η μηδενική υπόθεση

Στον **πίνακα 4.1** φαίνονται οι συγκεντρώσεις των ρύπων για τις πρώτες πλύσεις. Είναι εμφανές ότι οι συγκεντρώσεις των ρύπων στα πρώτα δείγματα (first flush) είναι κατά πολύ πιο συγκεντρωμένοι απ' ό τι τις τελευταίες μέρες.

Η στατιστική σύγκριση των μέσων τιμών μεταξύ των ημερών δειγματοληψίας έδειξε ότι η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται για τις περισσότερες παραμέτρους (βλ. **πίνακα 4.5**). Αν και πάλι αγνοήσουμε τις μετρήσεις που ήταν λίγες αριθμητικά (δηλ. τα λίπη και έλαια, τα βακτηρίδια, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα αμμωνιακά και τα θειικά) ή όσες μετρήσεις ήταν κοντά στα όρια του LOQ (για τα στοιχεία Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Hg, Mo) έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Η μηδενική υπόθεση απορρίπτει με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% για όσες παραμέτρους ο υπολογιζόμενος συντελεστής στατιστικής σημαντικότητας (sig) είναι μικρότερος από το p-value (5%). Η μηδενική υπόθεση αναφέρει ότι οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν διαφοροποιούνται μεταξύ των ημερών.

Η υπόθεση αυτή απορρίπτεται για το COD, την αγωγιμότητα (EC), τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS), το pH, τα χλωριούχα ιόντα (Cl⁻), και τα στοιχεία Al, Ba, Fe, P, Pb, Sr, V και Zn.

Τα στοιχεία που δεν διαφοροποιούνται με τη πάροδο των ημερών είναι ο Cu, το Mn και οριακά το Ni (0,098 sig). Το Mn και ο Cu όπως ειπώθηκε πριν, υπολογίζεται ότι προέρχεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις από το έδαφος. Οι ψηλότερες συγκεντρώσεις των ρύπων στις πρώτες ροές, οφείλονται στους εκπεμπόμενους ρύπους από τη χρήση των οχημάτων.

Από τα προαναφερθέντα συμπεραίνεται ότι οι συγκεντρώσεις των ρύπων δεν παραμένουν σταθερές με τη πάροδο των ημερών. **Επομένως απορρίπτεται η 4^η μηδενική υπόθεση και ισχύει η εναλλακτική της.**

5.1.4 Συζήτηση για τη 5^η μηδενική υπόθεση

Η στατιστική σύγκριση (βλ. **πίνακα 4.6**) μεταξύ των συγκεντρώσεων των ρύπων και της έντασης της βροχόπτωσης, έδειξε ότι οι ρύποι δεν παραμένουν σταθεροί εφόσον μεταβληθεί η ένταση της βροχόπτωσης. Αν δεν λάβουμε υπόψη τις μετρήσεις που ήταν λίγες αριθμητικά (δηλ. τα λίπη και έλαια, τα βακτηρίδια, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα αμμωνιακά και τα θειικά) ή τις μετρήσεις που ήταν κοντά ή κάτω από τα όρια του LOQ (για τα στοιχεία Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Hg, Mo), αναλυτικά έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Με πολύ μεγάλη βεβαιότητα (95%) απορρίπτεται η 5^η μηδενική υπόθεση για το COD, EC, TSS, TDS, Cl, Ba και P. Δηλαδή αυτές οι παράμετροι μεταβάλλονται εφόσον διαφοροποιείται η ένταση της βροχόπτωσης.

Το pH παραμένει αμετάβλητο σε σχέση με την ένταση της βροχόπτωσης. Το ίδιο, αλλά σε λιγότερο βαθμό, συμβαίνει για το αλουμίνιο (Al), το σίδηρο (Fe), το μαγγάνιο (Mn), το μόλυβδο (Pb), στρόντιο (Sr), το βανάδιο (V) και τον ψευδάργυρο (Zn). Ο λόγος ίσως να είναι το ότι κάποια από αυτά υπάρχουν σε αφθονία στο έδαφος και επομένως μεταφέρονται αργά και σταθερά στα νερά.

Ο χαλκός οριακά βρέθηκε ότι δεν μεταβάλλεται σε σχέση με τη μεταβολή της βροχόπτωσης (με sig 0.084). Παρόμοιο φαινόμενο σταθερότητας στη συγκέντρωση του χαλκού σε χαμηλές τιμές εντόπισαν και οι Wei, Q. et al. (2010).

Από τα πιο πάνω συμπερασματικά **απορρίπτεται η 5^η μηδενική υπόθεση.**

5.1.5 Συζήτηση για αποτελέσματα συσχετίσεων

Για τον έλεγχο ύπαρξης γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των διαφόρων παραμέτρων έγινε ανάλυση σύμφωνα με το μη παραμετρικό τεστ συσχέτισης του Spearman.

Ενδιαφέρον είναι τα αποτελέσματα συσχέτισης μεταξύ της έντασης της βροχόπτωσης έναντι των παραμέτρων COD, EC, TSS, και χλωριούχων. Δεν υπάρχει καμία συσχέτιση με το pH.

Η συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ της έντασης της βροχόπτωσης με τα αιωρούμενα στερεά (TSS) συμβαίνει γιατί με μια έντονη βροχόπτωση παρασύρονται σωματίδια που ήταν προσκολλημένα στους πόρους των δρόμων ή παρασύρονται μηχανικά μεγάλα σωματίδια όπως άμμος και μικρές πέτρες που υπό κανονικές συνθήκες δεν θα μετακινούνταν με ήπια βροχόπτωση (Dawson A., 2008). Τα TSS συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό και με τους υπόλοιπους ρύπους και ιδιαίτερα με το COD (συντελεστής συσχέτισης +0,777) όπως αναφέρουν και οι Gnecco, et al. (2005).

Μεγάλη συσχέτιση υπάρχει μεταξύ του COD και των περισσοτέρων από τους ρύπους. Αυτό είναι λογικό και αναμενόμενο αφού το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο είναι παράμετρος που δείχνει άμεσα το βαθμό ρύπανσης ενός νερού. Την πιο μεγάλη σχέση την έχει με τα λίπη και έλαια.

Η αγωγιμότητα (EC) έχει τέλεια γραμμική εξάρτηση με τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) πράγμα που συμφωνεί με τα αποτελέσματα από άλλες μελέτες (Erickson A.J., Weiss P.T. and Gulliver J. S., 2013; Gnecco, I. et al., 2005).

Το pH έχει χαμηλές και αρνητικές συσχετίσεις. Δηλαδή έχει σε πολύ χαμηλό βαθμό αντιστρόφως ανάλογη συμπεριφορά με τους περισσότερους ρύπους.

Τα λίπη και έλαια (FOG) έχουν ψηλή γραμμική εξάρτηση με τους περισσότερους ρύπους εκτός από κάποια μέταλλα, όπως είναι το Βα. Πιθανόν, ως βαρύ στοιχείο δεν μεταφέρεται το ίδιο με τα ελαφριά λίπη και έλαια.

Τα κολοβακτηρίδια έχουν γραμμική εξάρτηση με ρύπους που εντοπίζονται σε οργανική ύλη όπως με τα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, τον ολικό φώσφορο και άλλα πράγμα αναμενόμενο.

Ο μόλυβδος (Pb) εντοπίζεται περισσότερο μαζί με ρύπους που χαρακτηρίζουν οργανικής φύσης υλικά όπως FOG, NO₃, NO₂, NH₄ ίσως γιατί παρουσιάζεται και με την τοξικότερη οργανομεταλλική του μορφή.

Το στρόντιο (Sr) ως στοιχείο συσχετίζεται με το βάριο λόγω της παρόμοιας χημικής συμπεριφοράς τους (ανήκουν στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα). Ως στοιχείο όμως δεν

είναι σπάνιο και το επιστημονικό ενδιαφέρον γι' αυτό είναι μειωμένο (Areyagi E. Bank M. S. and Spengler J. D., 2011).

5.2 Περιορισμοί και δυσκολίες της μελέτης

Κατά την ώρα της δειγματοληψίας, υπήρχε σοβαρό πρόβλημα ασφάλειας, διότι υπήρχε συχνή διακίνηση οχημάτων σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας. Για προστασία και ασφάλεια ήταν απαραίτητα το φωσφορούχο και αδιάβροχο γιλέκο. Για επιπλέον ασφάλεια, επιλέχθηκε ως σημείο δειγματοληψίας χώρος κάτω από τον κυκλικό κόμβο (σημείο Α), μακριά από τη συχνή κίνηση, σε σημείο όμως που να απορρέουν τα νερά από τον αυτοκινητόδρομο (βλ. φωτογραφίες στο παράρτημα Α.4). Σαν δεύτερο σημείο δειγματοληψίας (σημείο Β) επιλέχθηκε παράκαμψη για έκτακτη στάση οχημάτων, πάνω σε αυτοκινητόδρομο κατά την είσοδο της βιομηχανικής περιοχής Αραδίππου.

Δειγματοληψία γινόταν με φυσική παρουσία και αυτό παρουσίαζε δυσκολίες. Πολλές φορές για να καλυφθεί ο χαμένος χρόνος της μετάβασης στο σημείο δειγματοληψίας, αναγκαστικά παίρνονταν τα δείγματα άμεσα (χωρίς την καθυστέρηση για εφαρμογή προστατευτικών μέτρων- όπως αδιάβροχο, φωσφορούχο γιλέκου κτλ). Στη περίπτωση βροχόπτωσης σε νυχτερινές ώρες τα δείγματα χάνονταν.

Πολλές φορές η βροχόπτωση σταματούσε σε λίγα λεπτά ή ώρες μετά τη συλλογή του δείγματος των 60 λεπτών. Το δείγμα των 24 ωρών γέμιζε γρήγορα μετά την τοποθέτηση του τελευταίου δοχείου δειγματοληψίας και στην συνέχεια έμενε εκεί ανοικτό, μέχρι να κλείσει 24ώρο. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να επιμολύνεται είτε από ζώφια και έντομα είτε με υλικά που μεταφέρονταν από τον άνεμο.

Ακόμη δεν υπολογίστηκε η κλίση του δρόμου και πως επηρεάζει τη συγκέντρωση και διασπορά των ρύπων, όπως αναφέρουν οι Gobel et al. (2007) και επιπλέον, δεν μελετήθηκε άμεσα πως επηρεάζει το ίδιο το οδικό δίκτυο τα όμβρια ύδατα, είτε λόγω σύστασης είτε λόγω αποκόλλησης υλικών από εργασίες.

Τα αποτελέσματα επηρεάζονται σημαντικά από το είδος των οχημάτων που διακινούνται στο οδικό δίκτυο. Βρέθηκε ότι σε δρόμους που διακινούνται βαριά οχήματα υπάρχει μεγαλύτερη επιβάρυνση (Gobel et al., 2007). Ποιοτικά, να αναφερθεί ότι στη περιοχή Β (περιοχή έξω από τη βιομηχανική περιοχή Αραδίππου) διακινούνται περισσότερο βαριά οχήματα και γεωργικά μηχανήματα, από ότι στη περιοχή Α (κυκλικός κόμβος αεροδρομίου). Στατιστικά δεδομένα για το δρόμο έξω από τη βιομηχανική περιοχή δεν βρέθηκαν και έτσι δεν μπόρεσε να γίνει σύγκριση για τα δύο σημεία ως προς τον αριθμό και είδος οχημάτων.

Η ένταση του ανέμου δεν παρατηρήθηκε ούτε μπορούσε να καταγραφεί. Φάνηκε όμως επί τόπου, ότι ορισμένες φορές μετέφερε σκόνη, φύλλα, κλαδιά μέσα στα δοχεία δειγματοληψίας. Επηρεαζόταν περισσότερο το δείγμα του 24ώρου που έμενε αρκετές ώρες ανοικτό.

Εισηγήσεις-Επίλογος

6.1 Εισηγήσεις

Η δημιουργία *δομικών έργων* για διαχείριση των όμβριων υδάτων από ένα οδικό δίκτυο, αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο αντιμετώπισης και περιορισμού της έκτασης της ρύπανσης στα νερά. Η κατασκευή των δομικών έργων γίνεται κατά μήκος του οδικού δικτύου. Τα έργα που μπορούν να γίνουν στη περίπτωση αυτή αναφέρθηκαν στο τμήμα **2.6** της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Εκτός των δομικών έργων, μπορούν επίσης να εφαρμοστούν και άλλες τεχνικές, όπως το σκούπισμα των δρόμων που μειώνει δραστικά την επιμόλυνση των όμβριων υδάτων και κατά συνέπεια των υδάτινων αποδεκτών (USEPA, 1983). Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να διαχειρίζονται οι πρώτες ροές που περιέχουν ψηλό φορτίο ρύπων.

6.2 Μελλοντικό έργο

Αρχικά προτείνεται να μαζευτούν επιπλέον δεδομένα από σημεία δειγματοληψίας που να καλύπτουν το σύνολο του οδικού δικτύου της Κύπρου και όχι ένα μικρό μέρος όπως έγινε στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Σίγουρα όσο περισσότερα είναι τα δείγματα και τα σημεία δειγματοληψίας, τόσο πιο αξιόπιστα αποτελέσματα θα δώσουν.

Απαιτείται να γίνουν χημικοί προσδιορισμοί για περισσότερες παραμέτρους που λόγω χρόνου και απουσίας κατάλληλου εξοπλισμού δεν έγιναν. Αυτό ισχύει κυρίως για οργανικούς ρύπους

όπως TPH, PCBs, VOCs, TBX, PAHs που βιβλιογραφικά αναφέρονται και μελετώνται εκτεταμένα.

Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν, από όλη την επικράτεια της Κυπριακής δημοκρατίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για χαρτογράφηση με χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών. Μπορεί να εξαχθούν χάρτες με ζώνες προστασίας (Buffer) ανά ρύπο γύρω από το οδικό δίκτυο ή ακόμη καλύτερα να εξαχθούν χάρτες συνεχούς επιφάνειας που να δείχνουν την διασπορά των ρύπων παντού. Φυσικά όσο περισσότερα δεδομένα συλλεχθούν τόσο πιο αξιόπιστα θα είναι τα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με την περιβαλλοντική υπηρεσία Αμερική (USEPA, 1983), μεγαλύτερη επιβάρυνση προκαλείται σε δρόμους που διακινούνται πέραν των 30000 οχημάτων την ημέρα. Στη περιοχή μελέτης διακινούνται, όπως αναφέρεται από το τμήμα δημόσιων έργων (PWD, 2010; 2012), γύρω στις 20000 οχήματα ανά ημέρα. Αν και η ρύπανση που προκαλείται είναι αισθητή καλό θα ήταν να γίνουν μετρήσεις σε περιοχές με μεγαλύτερο αριθμό οχημάτων ανά ημέρα όπως στην είσοδο της πρωτεύουσας (A1).

6.3 Συμπερασματικά

Από τα αποτελέσματα εκμαιεύεται το γενικό συμπέρασμα ότι τα όμβρια ύδατα των αυτοκινητόδρομων είναι επιφορτισμένα με ρύπους ιδιαίτερα οι πρώτες πλύσεις. Τα όμβρια ύδατα αποτελούν αιτία επιβάρυνσης των υδάτινων αποδεκτών τους, τα επιφανειακά ή υπόγεια νερά. Χρονικά οι ρύποι πλένονται και απομακρύνονται από τους δρόμους με τη βροχή και μεταφέρονται στις υδάτινες μάζες. Με τη χρήση των δρόμων, οι ρύποι σταδιακά ανανεώνονται. Αυτό φάνηκε μέσα από τις μετρήσεις των πρώτων ροών του 2012 και 2013. Φάνηκε ότι η συγκέντρωση των ρύπων και για τα δύο έτη, είναι περίπου στο ίδιο ψηλό επίπεδο ρύπων. Η δειγματοληψία έγινε μετά την ξηρή καλοκαιρινή περίοδο. Οι ρύποι που εντοπίζονται προκαλούν σημαντικές επιβαρύνσεις στο περιβάλλον και τον άνθρωπο, με αντίκτυπο στην οικονομία και κοινωνία.

Τα δεδομένα που υπάρχουν στην διεθνή βιβλιογραφία που να αφορούν τις συγκεντρώσεις των ρύπων στα όμβρια ύδατα της Κύπρου και κατά συνέπεια στους αποδέκτες τους είναι

ελλιπής. Με την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής διευρύνονται επιπλέον οι γνώσεις στο συγκεκριμένο θέμα. Προστίθεται ένα ακόμη λιθαράκι στο μεγάλο οικοδόμημα της χημικής χαρτογράφησης των απορροών του οδικού δικτύου και των υδάτινων αποδεκτών της Κύπρου.

Είναι σημαντικό τα νερά από τις απορροές να διαχειρίζονται ώστε να μειώνεται ο ρυπαντικός τους φόρτος. Η διαχείριση επιβάλλεται να γίνει εντονότερα στις πρώτες πλύσεις. Για να γίνει αυτό, λόγω της διάχυτης φύσης των ρύπων από τους δρόμους, πρέπει να φτιαχτούν δομικά έργα κατά μήκος των μεγάλων αυτοκινητόδρομων. Τα έργα αυτά παρέχουν συνεχή απομάκρυνση διαφόρων τύπων ρύπων από τα όμβρια ύδατα με αποτέλεσμα να μην επιβαρύνονται σε υψηλό βαθμό οι υδάτινες μάζες.

Η λειψυδρία που μαστίζει την Κύπρο επιβάλλει να προστατευτούν οι υδάτινοι πόροι από κάθε μορφής επιβάρυνση.

Κεφάλαιο Έβδομο

Βιβλιογραφία

- Addiscott, T. M., 2004. *Nitrate, agriculture and the environment*. Oxfordshire: Cabi Publishing.
- Ansari, A. A., et al., 2011. *Eutrophication : Causes, Consequences and Control*, New York : Springer Science.
- Antonopoulou, G., Kirkou, A. and Stasinakis, A. S., 2013. Quantitative and qualitative greywater characterization in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods. *Science of the Total Environment*. 454–455, pp.426–432.
- Apeageyi, E., Bank, M. S. and Spengler J. D., 2011. Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts. *Atmospheric Environment*. 45, pp.2310-2323.
- APHA, AWWA, WEF, 2012. *Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd ed*. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Αραβαντίνος, Α., Βλαστός, Θ., Εμμανουήλ, Δ., Μαρίνος-Κουρής, Δ., Μέμος, Κ., Σκίκος, Γ., Σμπονιάς, Κ και Τσουτσος, Θ., 1999. Εισαγωγή στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, τόμος Β₁. Πάτρα: ΕΑΠ.
- ASTM, 2004. *ASTM annual book of standards. Vol. 11.02 (water)*. Philadelphia, PA, American Society for Testing and Materials.
- Αστυνομία Κύπρου, 2009. Γραφείο Στατιστικής & Ερευνών Τμήμα Τροχαίας Αρχηγείου. *Στατιστικά στοιχεία για τα οδικά ατυχήματα στη Κύπρο για το 2009*. [online pdf]

http://www.mcw.gov.cy/mcw/mcw.nsf/mcw24_gr/mcw24_gr?OpenDocument,
(Accessed at 10/10/2013).

- Ayotte, J. D., Szabo, Z., Focazio, M. J. and Eberts S. M., 2011. Effects of human-induced alteration of groundwater flow on concentrations of naturally-occurring trace elements at water-supply wells, *Applied Geochemistry*, 26 (5), pp. 747-762.
- Bian, B., Heng, X. J., Li, L., 2011. Investigation of urban water quality using simulated rainfall in a medium size city of China. *Environ Monit Assess.* 183, pp.217–229.
- Bohemen, H. D. V and Janssen, W. H, 2003. The Influence of Road Infrastructure and Traffic on Soil, Water and Air Quality. *Environmental Management.* 31 (1), pp.50-68.
- Bris, F. J., Garnaud, S., Apperry, N., Gonzalez, A., Mouchel, J. M., Chebbo, G. and Thevenot, D. R., 1999. A street deposit sampling method for metal and hydrocarbon contamination assessment. *The Science of the Total Environment.* 235 pp. 211-220.
- Brown, J. N. and Peake, B. M., 2006. Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff. *Science of the Total Environment.* 359, pp.145-155.
- Brugge, D., Durant, J. L. and Rioux, C., 2007. Near-highway pollutants in motor vehicle exhaust: A review of epidemiologic evidence of cardiac and pulmonary health risks. *Environmental Health.* 6, p.23.
- Christensen, A.M., Nakajima, F. and Baun, A., 2006. Toxicity of water and sediment in a small urban river (Store Vejle, Denmark). *Environmental Pollution*, 144(2), pp. 621-625.
- Christophi, C. and Constantinou, C. A., 2011. Nitrogen sources and denitrification potential of Cyprus aquifers, through isotopic investigation on nitrates. In: Lambrakis N., Stournaras G. and Katsanou K., 2011. *Advances in the Research of Aquatic Environment, part 2.* London : Springer, pp.151-159.
- Cypruslife, 2013. Περιοχές εφαρμογής Προγράμματος LIFE (Αλυκές της Λάρνακας) [URL] http://cypruslife.akrifiles.net/Page12_5.html και http://cypruslife.akrifiles.net/images/maps/2.5_Alykes_Larnakas_hi.gif , (Accessed at 10/10/2013).

- Γιαννόπουλος, Σ. Ι., Πέτσαλης, Ν. Κ. και Μπάσμπας, Σ. Ι. Ρ., 2005. Διαχείριση της ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων από τις απορροές των όμβριων των υπεραστικών οδών με δομικά μέτρα βέλτιστης διαχείρισης. *2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Βόλος, 18-20 Μαΐου 2005*.
- Γιαννόπουλος, Σ., Γριβάκη, Γ., Γιαννοπούλου Ι., 2012. Διερεύνηση της ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων από τις αστικές απορροές ομβρίων. [online pdf] http://library.tee.gr/digital/m2571/m2571_giannopoulos.pdf (accessed at 22/9/2013).
- Defus, J. H., 2003. Definition of heavy metals. *Pure Appl. Chem.*, 74 (5), pp. 793–807. [Online pdf], <http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2002/pdf/7405x0793.pdf> (accessed at 02/9/2013).
- Dewson, A., 2008. *Water in Road Structures. Movement, Drainage and Effects*. Nottingham (UK): Springer (ISBN: 978-1-4020-8561-1).
- Ekley, C. S. and Branfireun, B., 2009. Simulated rain events on an urban roadway to understand the dynamics of mercury mobilization in stormwater runoff. *Water research*. 43, pp.3635-3646.
- EEA - European Environment Agency, 2006. Transport pollution. [online pdf] www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-6/term_2006_03_transport_emissions_of_air_pollutants_final_version.pdf at download/file (accessed at 22/9/2013)
- EPA, 2013. Environmental protection Agency (USA). Drinking Water Contaminants and their limits (MCLs). [URL] <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm#List>.
- Erickson, A. J., Weiss, P. T. and Gulliver, J. S., 2013. *Optimizing Stormwater Treatment Practices. A Handbook of Assessment and Maintenance*. New York: Springer.
- Eurostat, 2009. Panorama Transport. [online pdf] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DA-09-001/EN/KS-DA-09-001-EN.PDF (accessed at 22/9/2013)

- Eurostat, 2011. [online pdf] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DK-11-001/EN/KS-DK-11-001-EN.PDF (accessed at 23/9/2013)
- Eurostat, 2013. Passenger_transport_statistics. [online pdf] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Passenger_transport_statistics (accessed at 24/9/2013)
- Ewen, C., Anagnostopoulou, M.A. and Ward, N. I., 2009. Monitoring of heavy metal levels in roadside dusts of Thessaloniki, Greece in relation to motor vehicle traffic density and flow. *Environ Monit Assess.*157, pp. 483–498.
- Fischer, P. H., Hoek, G., Reeuwijk, H., Briggs, D. J., Lebret, E., Wijnen, J.H., Kingham, S. and Elliott, P. E., 2000. Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. *Atmospheric Environment*, 34, pp. 3713-3722.
- Geosyntec and Wright Water Engineers, 2012. *International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database: Pollutant Category Summary Statistical Addendum: TSS, Bacteria, Nutrients, and Metals*. Prepared under Support from WERF, FHWA, EWRI/ASCE and EPA. [online pdf report] http://www.bmpdatabase.org/Docs/2012%20Water%20Quality%20Analysis%20Addendum/BMP%20Database%20Categorical_SummaryAddendumReport_Final.pdf (accessed at 25/9/2013).
- Gnecco, I., Berretta, C., Lanza, L.G. and La Barbera, P., 2005. Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy. *Atmospheric Research*, 77 (1–4), pp. 60-73.
- Gobel, P., Dierkes, C. and Coldewey, W. G., 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. *Contaminant Hydrology*, 91, pp.26-42.
- Gonzalez-Weller, D., Rubio, C., Gutierrez, A. J., Gonzalez, G. L., Mesa, J. M. C., Gironis, C. R., Ojeda, A. B. and Hardisson, A., 2013. Dietary intake of barium, bismuth, chromium, lithium, and strontium in a Spanish population (Canary Islands, Spain). *Food Chem. Toxicol.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.10.026>
- Guo W.X., Fu Y., Ruan B., Ge H. and Zhao N., 2014. Agricultural non-point source pollution in the Yongding River Basin. *Ecological Indicators*, 36, pp.254–261.

- Hata, A., Katayama, H., Kojima, K., Sano, S., Kasuga I., Kitajima M. and Furumai H., 2014. Effects of rainfall events on the occurrence and detection efficiency of viruses in river water impacted by combined sewer overflows. *Science of the Total Environment*. 468 pp. 757–763.
- ISO 11885:2009. Water quality. Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES).
- ISO 9308-1:2000. Water quality-Detection and enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria Part 1: Membrane filtration method.
- IPCC (Pachauri, R. K. and Reisinger, A.), 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jang, A., Seo, Y. and Bishop P. L., 2005. The removal of heavy metals in urban runoff by sorption on mulch. *Environmental Pollution*. 133, pp. 117–127.
- Jeng, H. A. C., Englande, A. J., Bakeer, R. M. and Bradford, H. B., 2005. Impact of urban stormwater runoff on estuarine environmental quality. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 63, pp.513-526.
- Kayhanian, M., Suverkropp, C., Ruby, A. and Tsay, K., 2007. Characterization and prediction of highway runoff constituent event mean concentration. *Journal of environmental management*, 85(2), pp. 279-295.
- Kayhanian, M., Stransky, C., Bay, S., Lau, S. and Stenstrom, M. K., 2008. Toxicity of urban highway runoff with respect to storm duration. *Science of The Total Environment*, 389(2–3), pp. 386-406.
- Kayhanian, M., 2012a. Trend and concentrations of legacy lead (Pb) in highway runoff. *Environmental Pollution*, 160, pp. 169-177.
- Kayhanian, M., Fruchtman, B. D., Gulliver, J. S., Montanaro, C., Ranieri, E. and Wuertz, S., 2012b. Review of highway runoff characteristics: Comparative analysis and universal implications. *Water research*, 46(20), pp. 6609-6624.

- Karlsson, K., Viklander, M., Scholes, L. and Revitt, M., 2010. Heavy metal concentrations and toxicity in water and sediment from stormwater ponds and sedimentation tanks. *Journal of Hazardous Materials*. 178, pp.612–618.
- Κουιμπζής, Θ, Φυτιανος, Κ. και Σαμαρά-Κωνσταντίνου Κ., 1998. *Χημεία Περιβάλλοντος*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press. [ISBN 960-12-0621-3].
- Ladislav, S., El-Mufleh, A., Gerente, C., Chazarenc, F., Andres, Y. and Bechet, B., 2012. Potential of Aquatic Macrophytes as Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Urban Stormwater Runoff. *Water Air Soil Pollut*. 223 pp.877–888.
- Laurent, St. J. and Mazumder, A., 2013. Influence of seasonal and inter-annual hydro-meteorological variability on surface water fecal coliform concentration under varying land-use composition, *Water Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.031> .
- Lenoble V., Omanović D., Garnier, C., Mounier, S., Donlagić, N., Le Poupon C., Pizeta I., 2013. Distribution and chemical speciation of arsenic and heavy metals in highly contaminated waters used for health care purposes (Srebrenica, Bosnia and Herzegovina). *Science of the Total Environment*. 443, pp. 420–428.
- Li, L. Q., Yin, C. Q., He, Q. C. and Kong, L. L., 2007. First flush of storm runoff pollution from an urban catchment in China. *Journal of Environmental Sciences*, 19(3), pp.295–299.
- Lampard, J., Chapman, H., Stratton, H., Roiko, A. and McCarthy, D. T. 2012. Pathogenic bacteria in urban stormwater drains from inner-city precincts. *7th international WSUD conference, Melbourne, Australia, February 21-23, 2012*. [online pdf] http://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2012/08/PUB10_Lampard-et-al_PathogenicBacteriainUrban.pdf (accessed at 22/9/2013).
- Madoni P. and Giuseppa R.M., 2006. Acute toxicity of heavy metals towards freshwater ciliated protists. *Environmental Pollution*. 141, pp.1-7.
- Mahboubeh, Z. and Mohsen, J., 2012. Leaching of nitrogen from calcareous soils in western Iran: a soil leaching column study. *Environmental Monitoring and Assessment*, Published online 14/2/2012, DOI 10.1007/s10661-012-2522-3

- Mahbub, P., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A. and Egodawatta, P., 2011. Effects of climate change on the wash-off of volatile organic compounds from urban roads. *Science of the Total Environment*. 409, pp. 3934 – 3942.
- moa, 2005. Υπ. Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Στατιστικά βροχόπτωσης. [online pdf], [http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/All/3863819C6D767BBEC22576C80036B9DA/\\$file/Final_Rain_731_1991_2005.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/All/3863819C6D767BBEC22576C80036B9DA/$file/Final_Rain_731_1991_2005.pdf?OpenElement) , (Accessed at 03/08/2013).
- moa, 2006. Υπ. Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χάρτης χρήσης γης της Κύπρου (Corine land cover 2006) [online pdf], [http://www.moa.gov.cy/moa/agriculture.nsf/All/38408C5D341D95FAC225760B0022780E/\\$file/clc2006.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/agriculture.nsf/All/38408C5D341D95FAC225760B0022780E/$file/clc2006.pdf?OpenElement) , (Accessed at 02/08/2013).
- moa, 2008. Υπ. Γεωργίας Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, [online pdf], [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/A64E9EC19A4D93C4C225792C0024FE24/\\$file/Desertification-Final%20Report.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/A64E9EC19A4D93C4C225792C0024FE24/$file/Desertification-Final%20Report.pdf) , (Accessed at 02/08/2013).
- moa, 2011. Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου. *Μέση ετήσια βροχόπτωση από 1901- 2011*. [http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/All/5F3904AFA57836CBC22576C80036B9D5/\\$file/Kipros_Mesi_Etisia_Vroxoptosi_1901_2011_UK.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/All/5F3904AFA57836CBC22576C80036B9D5/$file/Kipros_Mesi_Etisia_Vroxoptosi_1901_2011_UK.pdf?OpenElement) (accesses at 30/9/2013)
- moa, 2012a. Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου. *Καιρικές συνθήκες στη Κύπρο* [URL] http://www.moa.gov.cy/moa/MS/MS.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument (accesses at 30/9/2013)
- moa, 2012b. Τμήμα Περιβάλλοντος. *Biodiversity Report Final-Draft*. [online pdf] [http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/CE0747F45EB24725C2257B2F002D1685/\\$file/Biodiversity%20Report%20Final-Draft.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/environment/environment.nsf/All/CE0747F45EB24725C2257B2F002D1685/$file/Biodiversity%20Report%20Final-Draft.pdf) (accesses at 10/10/2013).
- Moore F. and Attar A., 2011. Rainwater and the resulting runoff chemistry in Shiraz city, southwest Iran, *International Journal of Environmental Studies*, 68(5), pp. 703-717. DOI:[10.1080/00207233.2011.591898](https://doi.org/10.1080/00207233.2011.591898)

Νόμος Ν.106(1)/2002. Ο περί ελέγχου της ρύπανσης των νερών νόμος του 2002.

Νόμος Ν.13(Ι)/2004. *Περί Προστασίας και Διαχείρισης των Υδάτων Νόμος* (για κάλυψη της ευρωπαϊκής Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60/EC)

Νόμος Ν.275(Ι)/2004. Ο περί της Ποιότητας του Νερού Ανθρώπινης Κατανάλωσης (Παρακολούθηση και Έλεγχος) (Τροποποιητικός) Νόμος του 2004, Ε.Ε., Παρ.Ι(Ι), Αρ.3940, 31/12/2004. [online pdf], http://www.cylaw.org/nomoi/indexes/2001_1_87.html (Accessed at 30/9/2013).

Νόμος Ν.87(Ι)2001. Ο περί της Ποιότητας του Νερού Ανθρώπινης Κατανάλωσης (Παρακολούθηση και Έλεγχος) Νόμος του 2001. Ε.Ε., Παρ.Ι(Ι), Αρ.3496, 4/5/2001. [online pdf], http://www.cylaw.org/nomoi/indexes/2001_1_87.html (Accessed at 30/9/2013).

Naddeo, V., Scannapieco, D. and Belgiorno, V., 2013. Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. *Journal of Hydrology*, 498 pp.287–291.

Οδηγία 118/2006/EK Κ.Δ.Π. 272/2009 *Προστασία υπόγειων υδάτων από την ρύπανση και την υποβάθμιση.*

Panko, J. M., Kreider, M. L., McAtee, B. L. and Marwood, C., 2012. Chronic toxicity of tire and road wear particles to water- and sediment-dwelling organisms. *Ecotoxicology*. DOI: 10.1007/s10646-012-0998-9.

Pistofidis, N., Vourlias, G., Konidaris, S., Pavlidou, E., Stergiou, A., Stergioudis, G., 2007. The effect of bismuth on the structure of zinc hot-dip galvanized coatings. *Materials Letters*. 61 (4–5) pp. 994-997.

Perkin-Elmer, 2013. Όρια ανίχνευσης (LOD) και ποσοτικοποίησης (LOQ) των οργάνων ICP-OES (OPTIMA DV7000) της εταιρίας Perkin-Elmer. [online pdf], http://www.perkinelmer.com/CMSResources/Images/44-74482BRO_WorldLeaderAAI_CPMSICPMS.pdf. (Accessed at 30/9/2013).

- Price W.D., Burchell M.R., Hunt W.F. and Chescheir G.M., 2013. Long-term study of dune infiltration systems to treat coastal stormwater runoff for fecal bacteria *Ecological Engineering*, 52, pp. 1-11.
- PWD (Public Work Department), 2012. Τμήμα Δημόσιων Έργων. Μέγεθος τροχαίας κυκλοφορίας. Ετήσια απογραφή τροχαίας κίνησης - Annual Traffic Census, 2012. FAX
- PWD (Public Work Department), 2010. Τμήμα Δημόσιων Έργων. Μέγεθος τροχαίας κυκλοφορίας. Ετήσια απογραφή τροχαίας κίνησης - Annual Traffic Census, 2010. [http://www.mcw.gov.cy/mcw/pwd/pwd.nsf/0/EB46E8D11A11B7EDC22579A7004587EE/\\$file/Μέγεθος_τροχαίας_κυκλοφορίας_για_Αυτοκινητόδρομους_2009-2010.pdf](http://www.mcw.gov.cy/mcw/pwd/pwd.nsf/0/EB46E8D11A11B7EDC22579A7004587EE/$file/Μέγεθος_τροχαίας_κυκλοφορίας_για_Αυτοκινητόδρομους_2009-2010.pdf)
- Revitt M., Ellis B. and Scholes L., 2003. Review of the use of stormwater BMPs in Europe, *Day Water Project*, D5.1-Version 2.
- Robertson A.H.F. and Hudson J.D. 1973. Cyprus umbers: Chemical precipitates on a tethyan ocean ridge. *Earth and Planetary Science Letters*. 18 pp.93-101.
- Sanches-Fortum, S., Sanz, E. and Barahona M. V., 1996. Acute Toxicity of Several Organophosphorous Insecticides and Protection by Cholinergic Antagonists and 2-PAM on *Artemia salina* Larvae. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 31, pp. 391-398.
- Scholz, M., 2006. *Wetland systems to control urban runoff*. Amsterdam: Elsevier.
- Smith, K., 2010. *Nitrous Oxide and Climate Change*. London : Earthscan.
- Smith, H. G., Sheridan, G. J., Lane, P. N. J., Nyman, P., and Haydon, S., 2011. Wildfire effects on water quality in forest catchments: A review with implications for water supply. *Journal of Hydrology*. 396, pp.170–192.
- Sures, B., Zimmermann, S., Messerschmidt, J., Bohlen, A.von and Alt, F., 2001. First report on the uptake of automobile atalyst emitted palladium by European eels (*Anguilla Anguilla*) following experimental exposure to road dust. *Environmental Pollution*. 113, pp.341-345.
- Pantazis Th., 1979. Γεωλογικός χάρτης της Κύπρου. [online jpg] <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/EuDASM/CY/cypr6.jpg> (Accessed at 4/11/2013).

- Terzakis, S., Fountoulakis, M. S., Georgaki, I., Albantakis, D., Sabathianakis, I., Karathanasis, A. D., Kalogerakis, N. and Manios T., 2008. Constructed wetlands treating highway runoff in the central Mediterranean region. *Chemosphere*. 72, pp. 141–149.
- Tixier G., Rochfort Q., Grapentine L., Marsalek J. and Lafont M., 2012. Spatial and seasonal toxicity in a stormwater management facility: Evidence obtained by adapting an integrated sediment quality assessment approach. *Water Research*. 46, pp. 6671-6682.
- Thorkild H. J., Jes V. and Asbjorn H. N., 2010. *Urban and Highway Stormwater Pollution: Concepts and Engineering*. New York: CRC Press (Taylor & Francis Group). Ch.9., pp.255-304.
- Tromp K., Lima A. T., Barendregt A. and Verhoeven J. T. A., 2012. Retention of heavy metals and poly-aromatic hydrocarbons from road water in a constructed wetland and the effect of de-icing. *Journal of Hazardous Materials*. 203– 204, pp. 290– 298.
- TΔΕ, 2010. Τμήμα δημόσιων έργων. Στατιστικά για το οδικό δίκτυο της Κύπρου. [URL]: <http://www.mcw.gov.cy/mcw/PWD/pwd.nsf/All/266AB4C954CD63C3C22579C0003704AC?OpenDocument> (accessed at 10/10/2013).
- USEPA, 1983. *Results of the Nationwide Urban Runoff Program, Volume 1-Final Report*. National Technical Information Service (NTIS), EPA. Washington, D.C. [online pdf] http://www.epa.gov/npdes/pubs/sw_nurp_vol_1_finalreport.pdf (accessed at 15/9/2013).
- Venkateswara, R. J., Kavitha, P., Jakka, N. M., Sridhar, V., Usman, P. K., 2007. Toxicity of Organophosphates on Morphology and Locomotor Behavior in Brine Shrimp, *Artemia salina*. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*. 53, pp. 227–232.
- Virkutyte, J. and Sillanpa M., 2006. Chemical evaluation of potable water in Eastern Qinghai Province, China: Human health aspects. *Environment International*. 32, pp. 80 – 86.
- Water Framework Directive (2000/60/EC) – March 2007 *Report for Republic of Cyprus*, [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/All/6FFE896259804DC9C22572A50029274C/\\$file/EU-summary%20Monitoring%20Cyprus%20v22.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/All/6FFE896259804DC9C22572A50029274C/$file/EU-summary%20Monitoring%20Cyprus%20v22.pdf)

- WDD 2004. Τμήμα αναπτύξεως υδάτων Κύπρου (ΤΑΥ). *Οδηγία πλαίσιο περί υδάτων 2000/60/EK, άρθρα 5&6*. WL, Delft Hydraulics, ENVECO A. E., Δ. Αργυρόπουλος & Συνεργάτες [online pdf] <http://www.cyprus.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/all/E3329C3E4EC73258C22572BB004C6B38?opendocument> (accessed at 07/10/2013).
- WDD, 2011a. Τμήμα αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου. *Χάρτης υπόγειων υδάτων περιοχής Κιτίου* (περιοχή μελέτης) [online .gif εικόνα] [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/all/32F7EF282D52BCF0C22573980032ED43/\\$file/Kiti_Jul11.gif?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/all/32F7EF282D52BCF0C22573980032ED43/$file/Kiti_Jul11.gif?openelement) και http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/resources_gr/resources_gr?OpenDocument (accessed at 01/10/2013).
- WDD, 2011b. Καϊμάκη Π. Σ., Καραβοκύρης Γ. & Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί Α. Ε., Τμήμα αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου. *Τελική έκθεση - Στρατηγική Περιβαλλοντική μελέτη για τη διαχείριση των υδάτων της Κύπρου*. [online pdf] [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/all/F864DC0515DE6CBFC225785000354C88/\\$file/SPM1.pdf?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/all/F864DC0515DE6CBFC225785000354C88/$file/SPM1.pdf?openelement) (Accessed at 5/10/2013).
- WDD, 2011c. Σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού Κύπρου. [online pdf], [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/booklets_gr/C5DADD6648E0E8A8C225790D002A6CB2/\\$file/Page1_32.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/booklets_gr/C5DADD6648E0E8A8C225790D002A6CB2/$file/Page1_32.pdf) (Accessed at 5/10/2013).
- WDD 2012. Τμήμα αναπτύξεως υδάτων Κύπρου. *Χάρτης υπόγειων υδάτων της Κύπρου*. [online pdf] [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/all/C7B3AED638F207C7C2257841002E3496/\\$file/Xartis.pdf?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/all/C7B3AED638F207C7C2257841002E3496/$file/Xartis.pdf?openelement) (accessed at 01/10/2013).
- WDD, 2013a. Τμήμα αναπτύξεως Υδάτων Κύπρου. *Χάρτης άρδευσης και νότιου αγωγού*. [online pdf] [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/All/34F81DF241D91C9CC2256F6600252032/\\$file/Map_NAgogou_A4.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/All/34F81DF241D91C9CC2256F6600252032/$file/Map_NAgogou_A4.pdf) (accessed at 01/10/2013).
- WDD, 2013b. Χημική ανάλυση νερών άρδευσης. [online pdf], [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/all/5B50BBFE978E6553C2257A7C002EEA69/\\$file/April_2013_Ard eftika_Systimata_grk.pdf?openelement](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/all/5B50BBFE978E6553C2257A7C002EEA69/$file/April_2013_Ard eftika_Systimata_grk.pdf?openelement) (Accessed at 5/10/2013).
- Wei, Q., Zhu, G. Z., Wu, P., Cui, L., Zhang, K., Zhou, J. and Zhang, W., 2010. Distributions of typical contaminant species in urban short-term storm runoff and their fates during

- rain events: A case of Xiamen city. *Journal of Environmental Sciences*. 22(4), pp533-539.
- WHO - World Health Organization,, 2008. Guidelines for drinking-water quality, 3rt ed. Geneva.
- WHO - World Health Organization, 2011. *Guidelines for Drinking-water Quality. Arsenic in drinking-water*. [WHO/SDE/WSH/03.04/75/Rev/1].
- Wicke, D., Cochrane, T. A. and O’Sullivan, A., 2012. Build-up dynamics of heavy metals deposited on impermeable urban surfaces. *Journal of Environmental Management*. 113 pp. 347-354.
- Wu, J., Long, S. C., Das, D. and Dorner, S. M., 2011. Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. *Journal of Water and Health*, 9(2), pp.265-277.
- Xu, X. L., Liu, W., Kong, Y. P., Zhang, K. L., Yu, B. and Chen, J. D., 2009. Runoff and water erosion in road side-slopes: Effects of rainfall characteristics and slope length. *Transportation Research Part D*. 14, pp. 497-501.
- Zanders, J. M., 2005. Road sediment: characterization and implications for the performance of vegetated strips for treating road runoff. *Sci Total Environ*. 339(1–3) pp.41–47.
- Zang Z., Rengel Z. and Meney K., 2010. Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) differentially influence growth of various emergent wetland species, *Journal of Hazardous Materials*. 182, pp. 689–695.

Παραρτήματα

A.1 Κατάσταση ακρωνυμίων και συμβολισμών

BOD₅ = Βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο

CO = carbon monoxide, μονοξείδιο του άνθρακα

COD = Χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο

EC = Ηλεκτρική αγωγιμότητα

ICP-OES = Φασματομετρία εκπομπής επαγωγικά συζευγμένου πλάσματος.

IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change, Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (τελεί υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών)

IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry.

μg/L = micrograms per Litter (ppb)

mg/L = milligrams per Litter (ppm), 1ppm = 1000 ppb

m = meters

MODIS= Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, ανιχνευτής που χρησιμοποιείται για δορυφορικές λήψεις φωτογραφιών. Χρησιμοποιείται στον Terra OES AM.

μm = micrometers

Natura= Περιοχή Φύση 2000 (προστατευμένη)

NO₂ = nitrogen dioxide, διοξείδιο του αζώτου

NO_x = oxides of nitrogen, οξείδια του αζώτου

NURP = Nationwide Urban Runoff Program (από USEPA)

PM_{2.5} = αιωρούμενα σωματίδια μικρότερα από 2.5 μm

PM₁₀ = αιωρούμενα σωματίδια μικρότερα από 10 μm

PAH = polyaromatic hydrocarbons, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες

PCBs = Πολυχλωριωμένα διφαινύλια

SCI=(Site of Community Importance), «Τόποι Κοινοτικής Σημασίας(ΤΚΣ)» όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ.

SPA =(Special Protection Areas) «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» για την ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ.

SO₂ = διοξείδιο του θείου

TBEX ή TBX = τολουόλιο, βενζόλιο, αιθυλενοβενζόλιο και ξυλόλιο

TDS = Ολικά διαλυμένα στερεά

TKN = Ολικό Kjeldahl άζωτο

TSS = Ολικά αιωρούμενα στερεά

TS = Ολικά στερεά

TP = Ολικός φωσφόρος

TPH = ολικοί αλειφατικοί υδρογονάνθρακες

USEPA = Αμερικάνικη Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας

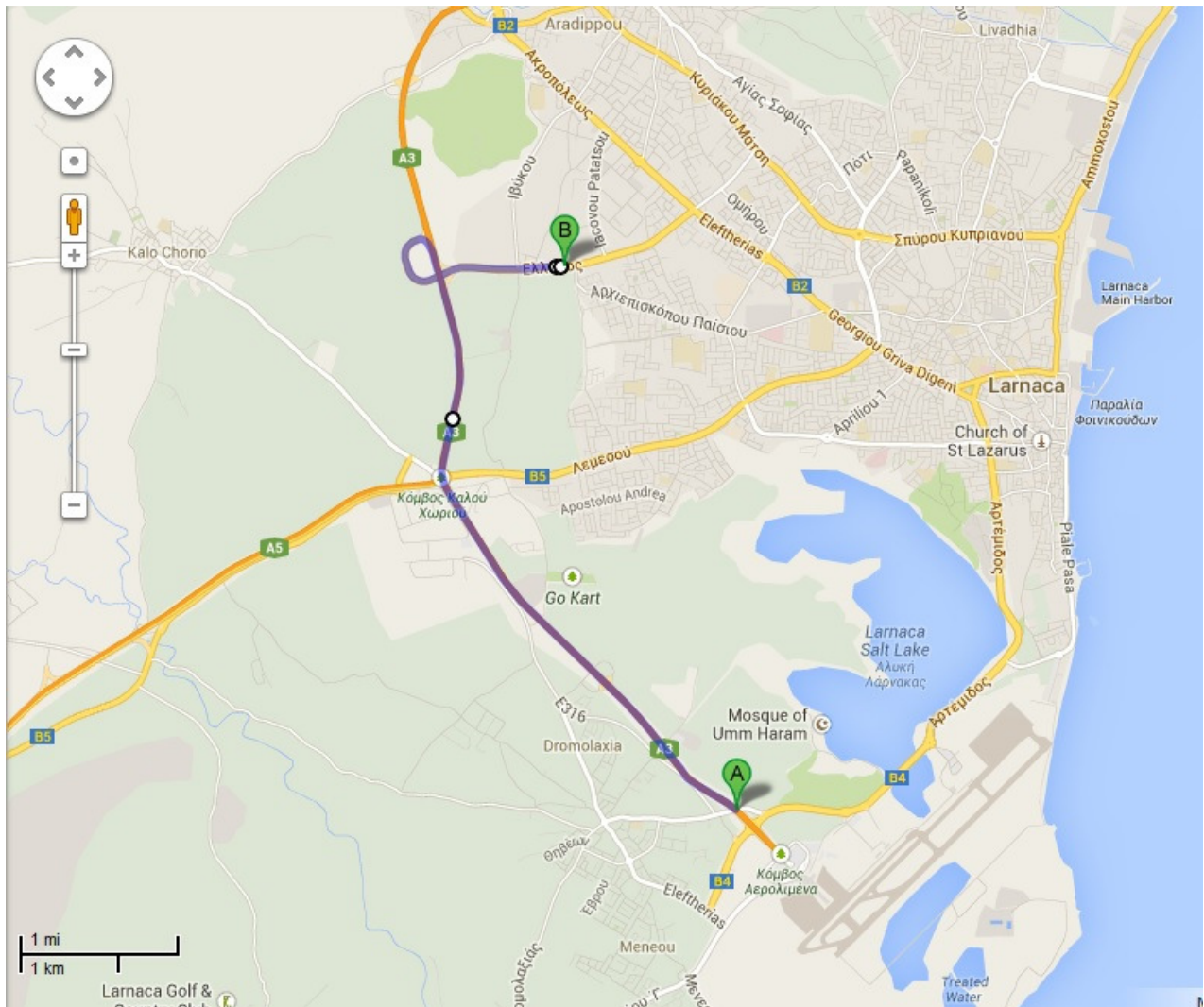
VOC = πτητικές οργανικές ενώσεις

veh/d = οχήματα ανά μέρα

Χημικά στοιχεία παρουσιάζονται με τον αντίστοιχο χημικό συμβολισμό τους.

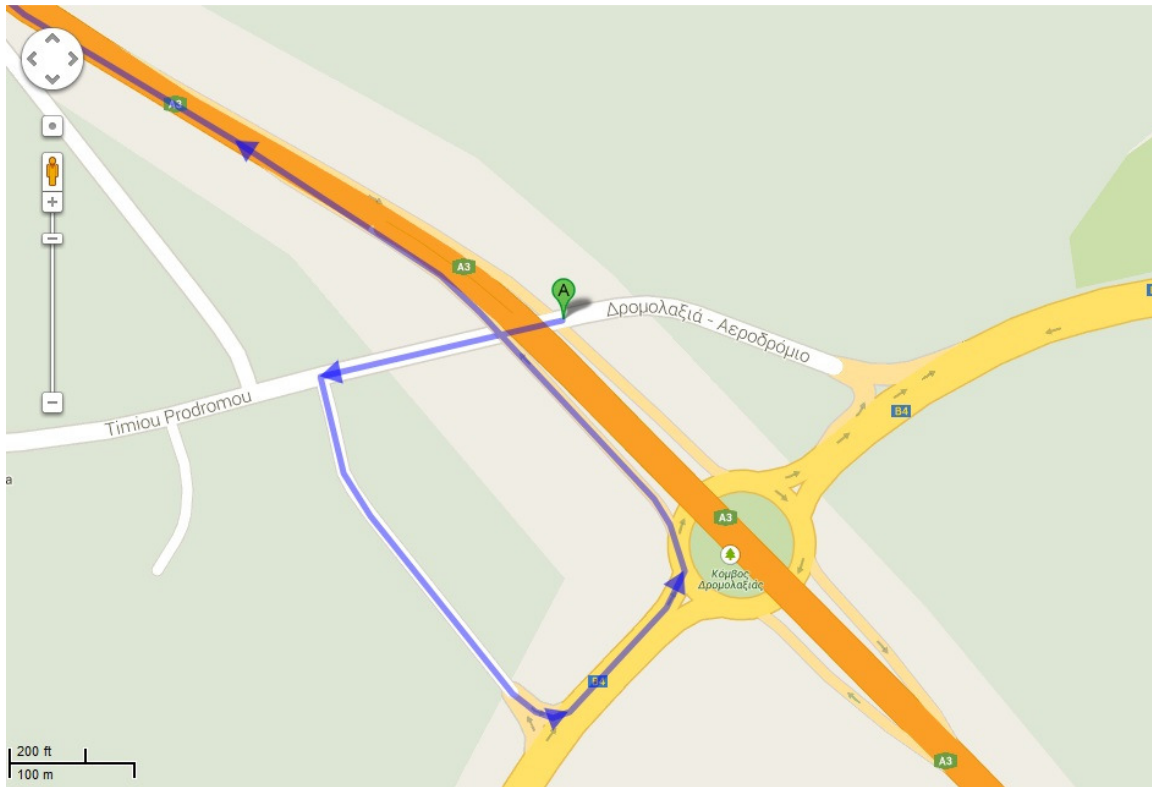
A.2 Χάρτες

A.2.1 Περιοχή Α και Β

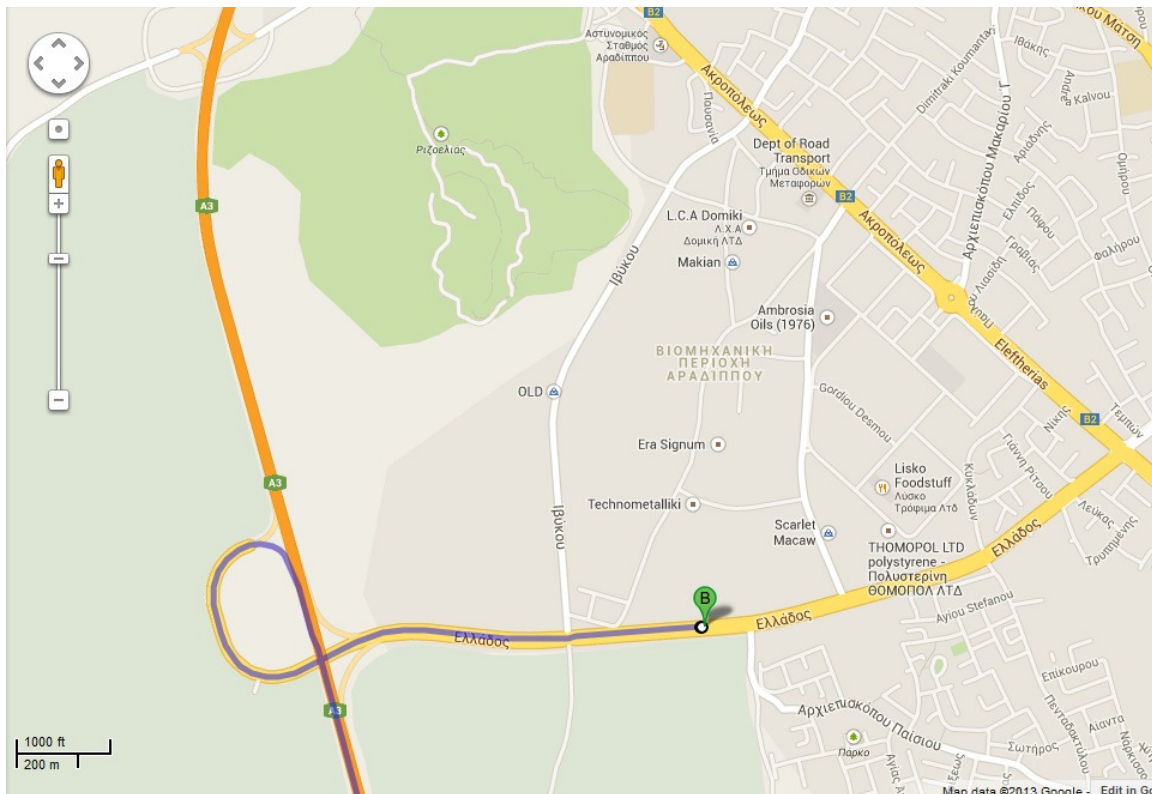


A.2.2 Περιοχή Α

Περιοχή κυκλικού κόμβου αεροδρομίου Λάρνακας

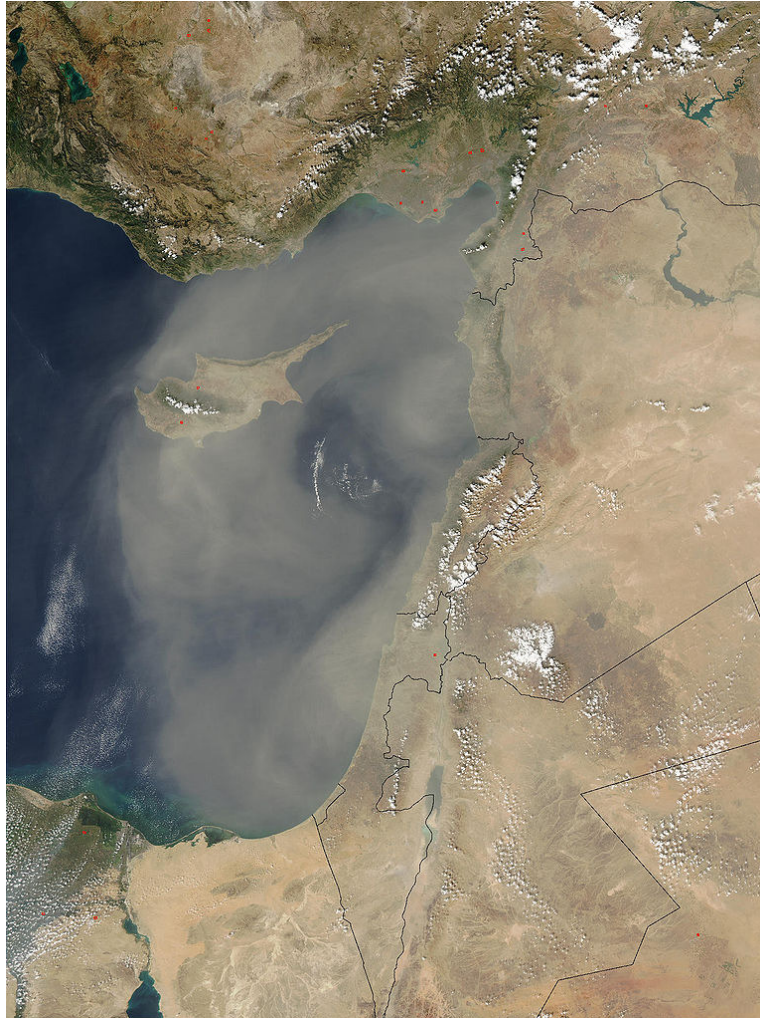


A.2.3 Περιοχή Β

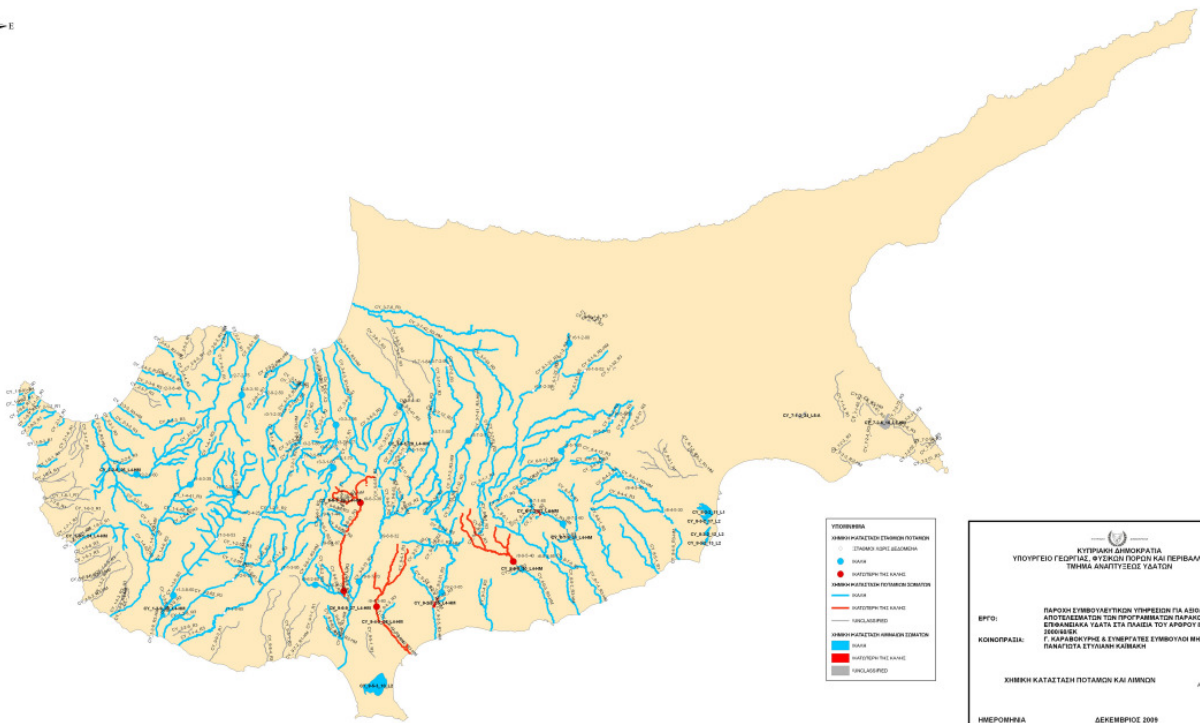


A.2.4 Δορυφορική φωτογραφία της Κύπρου (LandSat, NASA)

Η φωτογραφία δείχνει καθαρά την ατμόσφαιρα πάνω από την Κύπρο να είναι καλυμμένη από σκόνη προερχόμενη από τις γύρω περιοχές.



A.2.5 Χάρτης α) επιφανειακών υδάτων με χημική κατάσταση ποταμών και λιμνών της Κύπρου και β) υπόγειων υδάτων (WDD, 2012; WDD, 2009a).



ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, ΨΥΧΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ: ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΕΥΒΟΛΟΓΗΤΩΝ ΥΠΟΒΕΒΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΑ ΥΔΑΤΑ ΕΤΑ ΦΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 10 ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ ΔΕΥΤΕΡΗΣ & ΕΥΕΡΓΕΤΕΣ ΕΥΒΟΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΕ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΕΥΓΛΩΣΗ ΚΑΙΜΑΧΗ

ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΟΤΑΜΩΝ ΚΑΙ ΛΙΜΝΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΡΙΑ: ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2009
ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΓΟΥ: - ΤΑΥ 34/2009

ΠΑΡΑΛΟΓΟΤΗΤΗ: ΕΚΔΟΣΗ 2
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ: 2
ΚΙΛΩΜΑΤΑ: 1.200.000



ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ



Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων

Την πρόσφατη εκτίμηση της κατάστασης των υδατικών σωμάτων, μπορείτε να δείτε κάνοντας κλικ στα διακεκομμένα πλαίσια [-----] με μαύρο χρώμα που βρίσκονται στο χάρτη.

Χάρτες ισοψών καμπυλών στάθμης υπόγειου νερού (ισοσιζμετρικούς) μπορείτε να δείτε κάνοντας κλικ στα διακεκομμένα πλαίσια [-----] με κόκκινο χρώμα που βρίσκονται στο υπόμνημα.

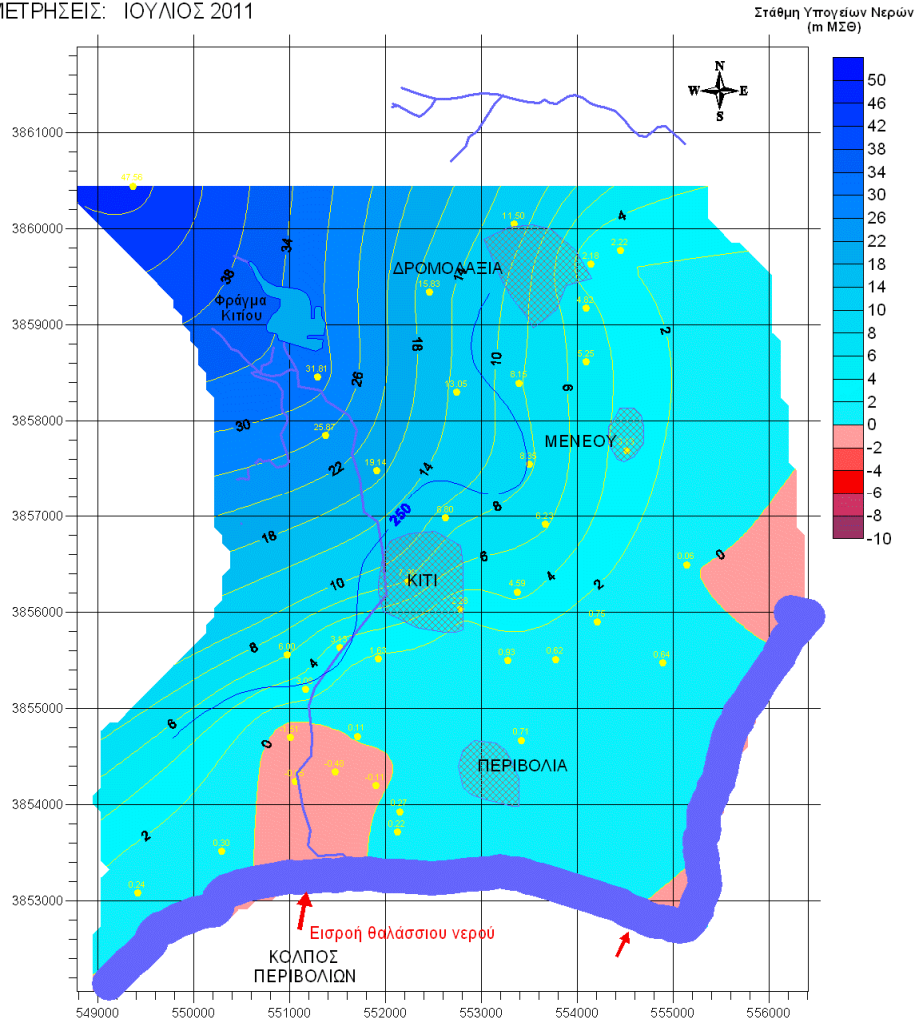
- ΥΠΟΜΝΗΜΑ**
- | | | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Υπόγεια Υδατικά Σώματα
Κωδικός - Όνομα | CY_3, Κίτι_Περιβόλια | CY_7, Γερμασόγεια | CY_11, Πάφος | CY_15, Χρυσοχού_Γιαλία | CY_19, Τροόδος |
| CY_1, Κοκκινόχωρτα | CY_4, Σοφτάδες_Βασιλικός | CY_8, Λεμεσός | CY_12, Λετύμβου_Γιόλου | CY_16, Πύργος | CY_20, Πενταδάκτυλος |
| CY_2, Αραδίππου | CY_5, Μαρώνι | CY_9, Ακρωτήρι | CY_13, Πέγεια | CY_17, Κεντρική και Δυτική Μεσαορία | |
| | CY_6, Μαρι_Καλό Χωριό | CY_10, Παραμάλι_Αυδήμου | CY_14, Ανδρολίκου | CY_18, Λεύκαρα_Πάχνα | |

Α.2.6 Υπόγεια ύδατα της περιοχής Δρομολαξιάς -Κιτίου (περιοχή μελέτης)

ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ ΚΙΤΙ-ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ

ΙΣΟΥΨΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ

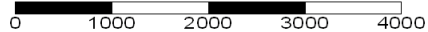
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ: ΙΟΥΛΙΟΣ 2011



 Μέτωπο θαλάσσιου νερού 1998
 Καμπύλη ίσης Περιεκτικότητας Χλωρίου σε mg/l
 ΜΣΘ = Μέση Στάθμη Θάλασσας

Ετοιμάστηκε από: Α. Οωμά
 Εγκρίθηκε από: Δρ Χ. Δημητρίου
 ΚΛΙΜΑΚΑ

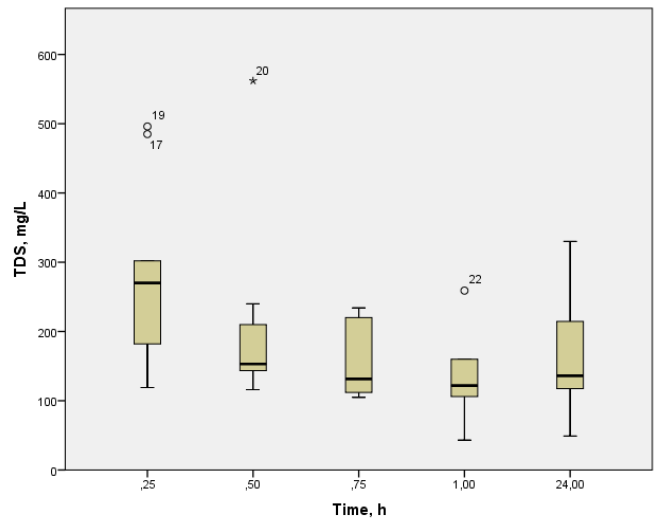
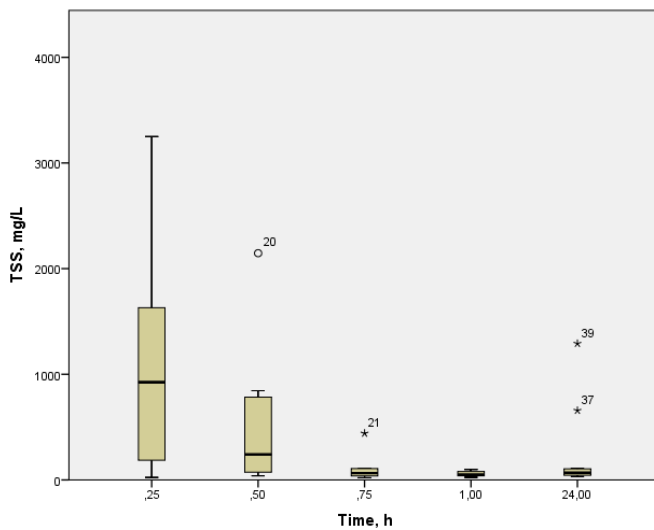
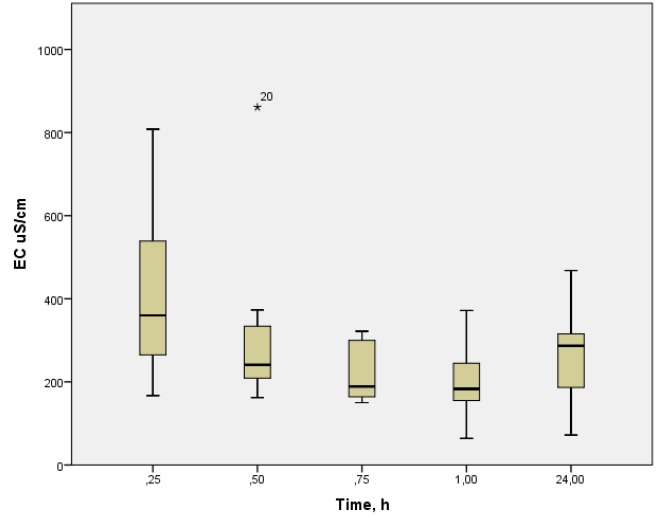
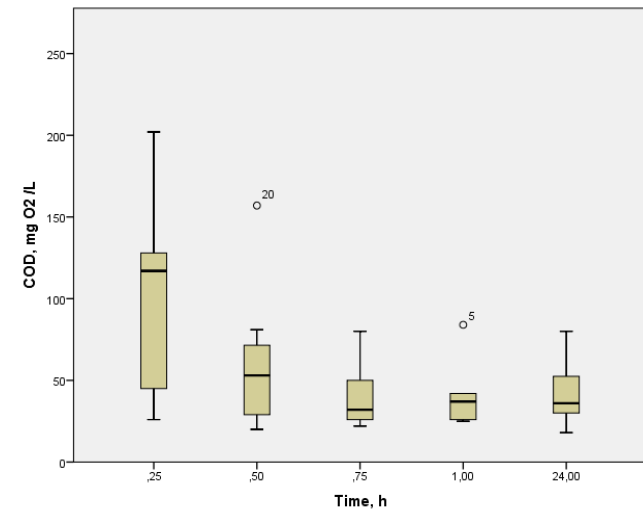
ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΙσοΨείς καμπύλες μακριά από σημεία μέτρησης στάθμης, μπορεί να εμπεριέχουν κάποιο λάθος.

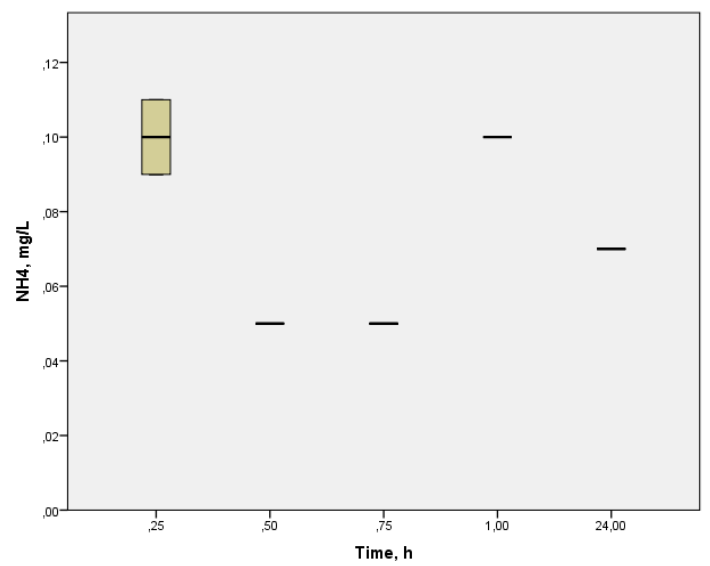
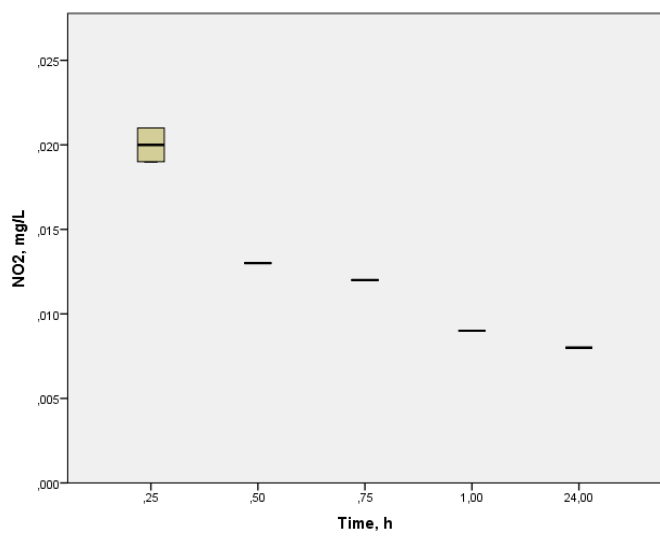
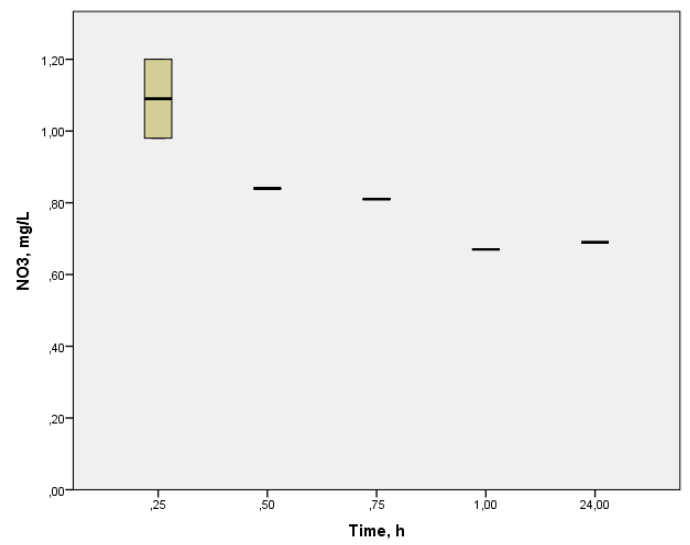
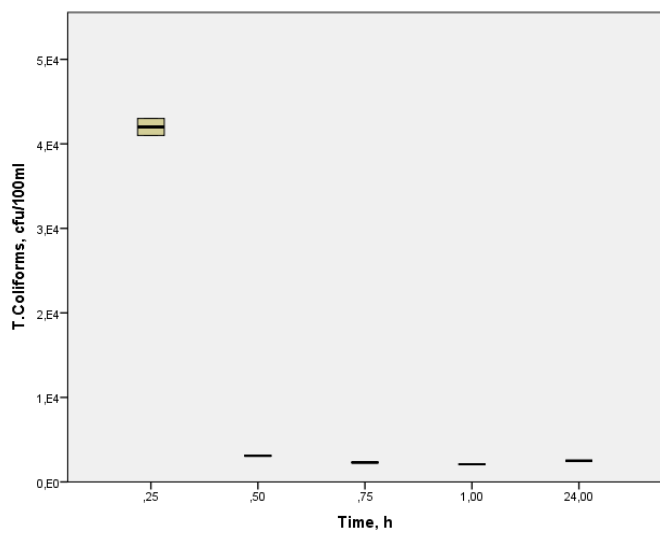
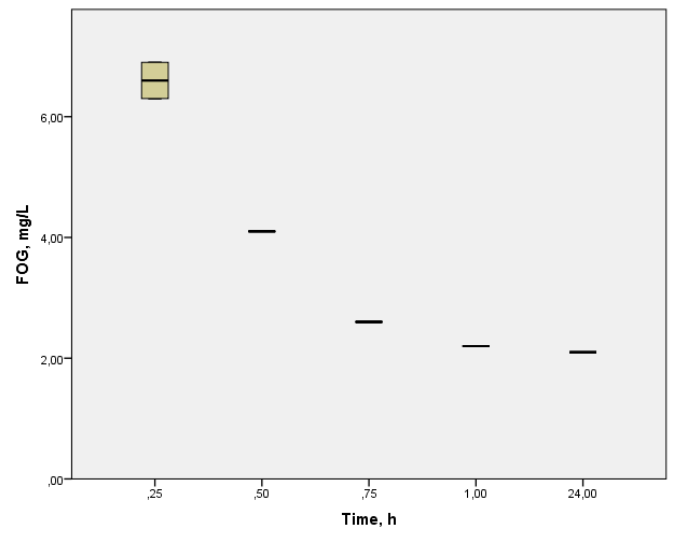
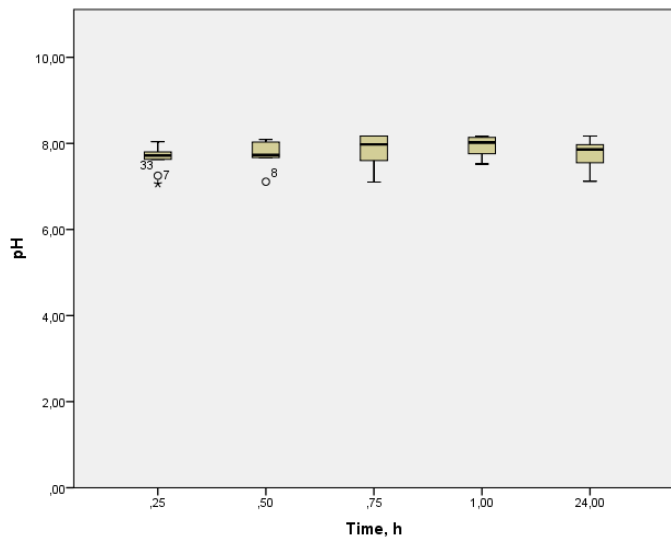


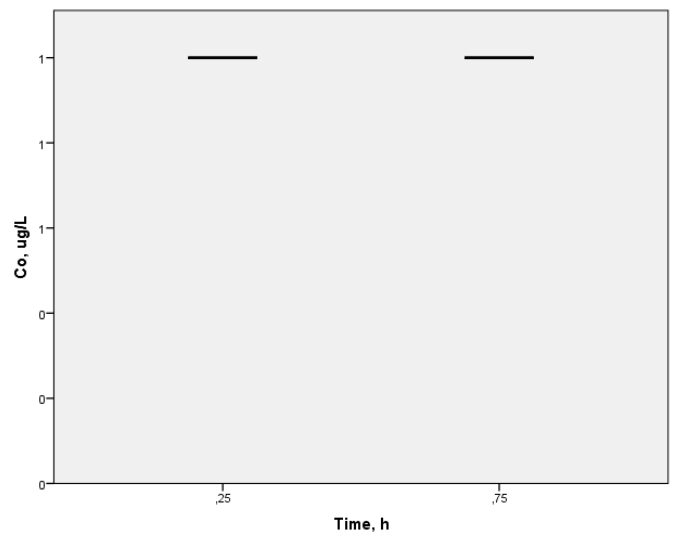
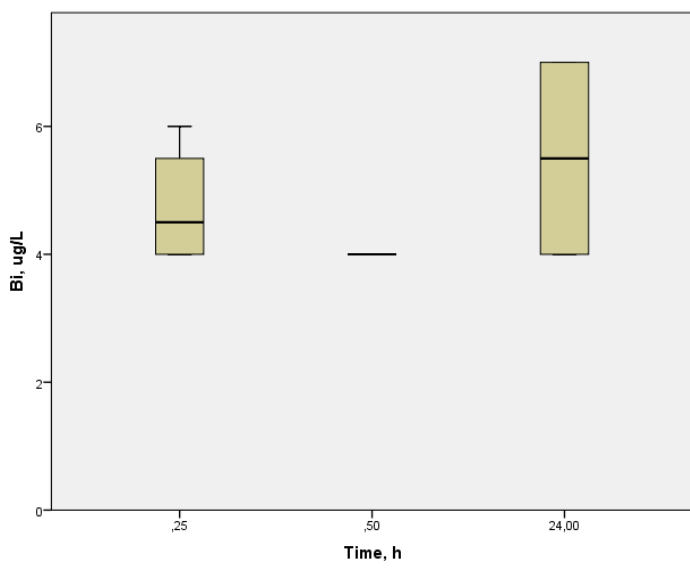
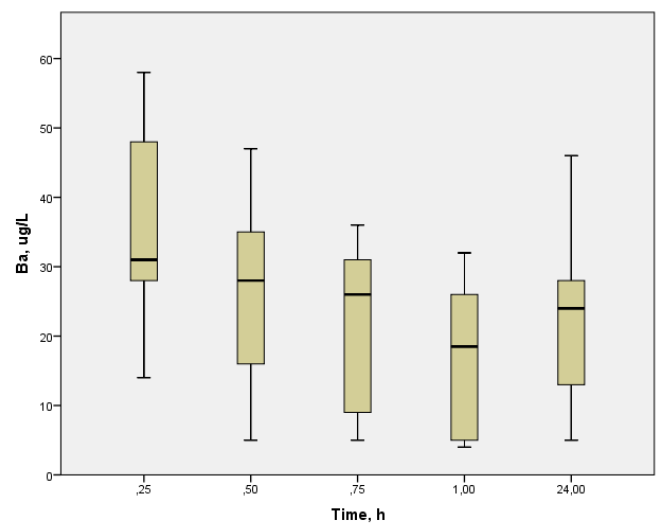
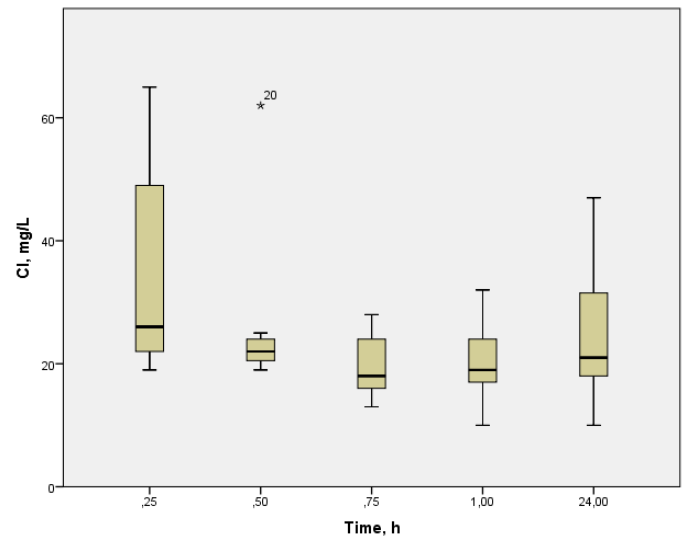
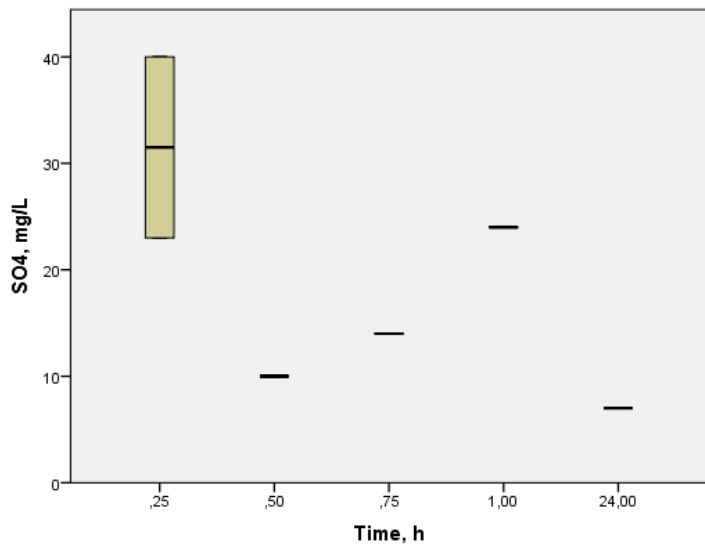
A.3 Διαγράμματα ρύπων ανά χρόνο δειγματοληψίας

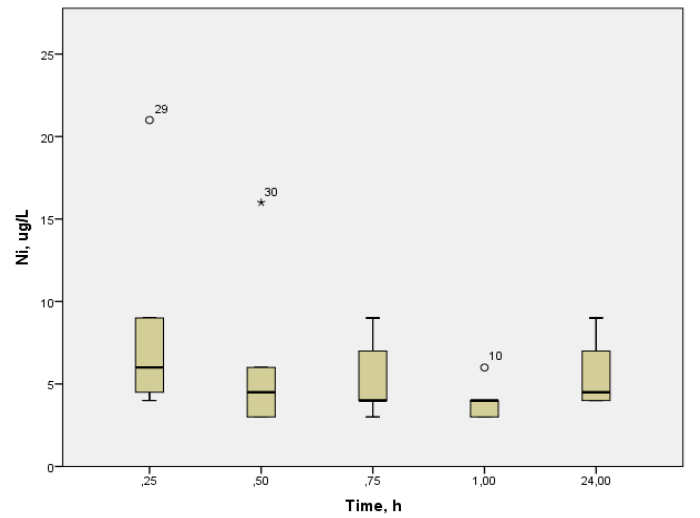
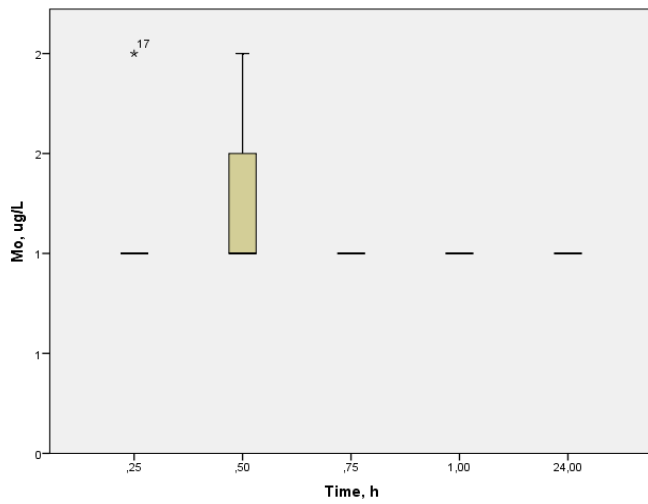
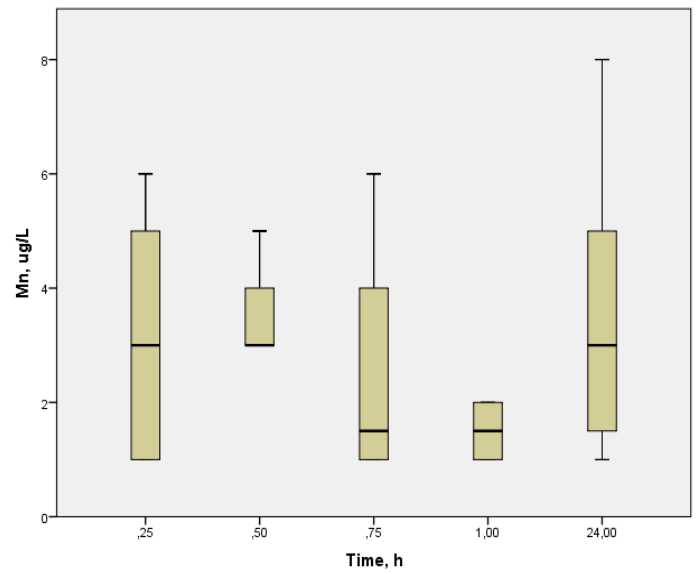
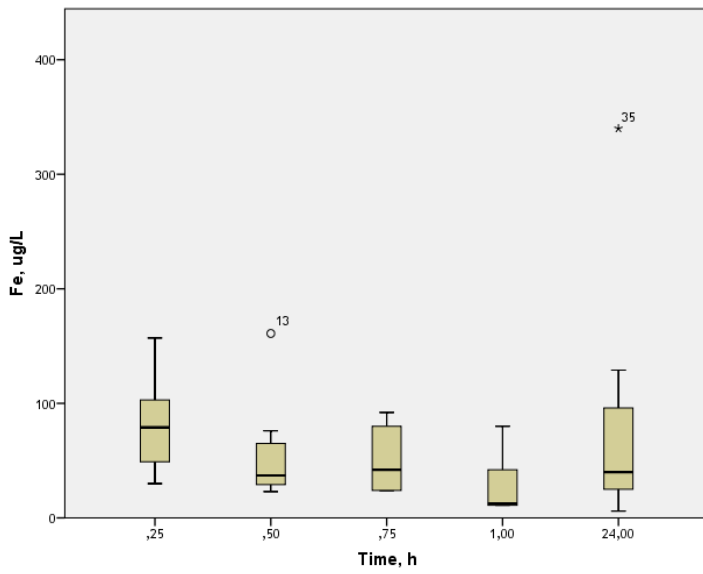
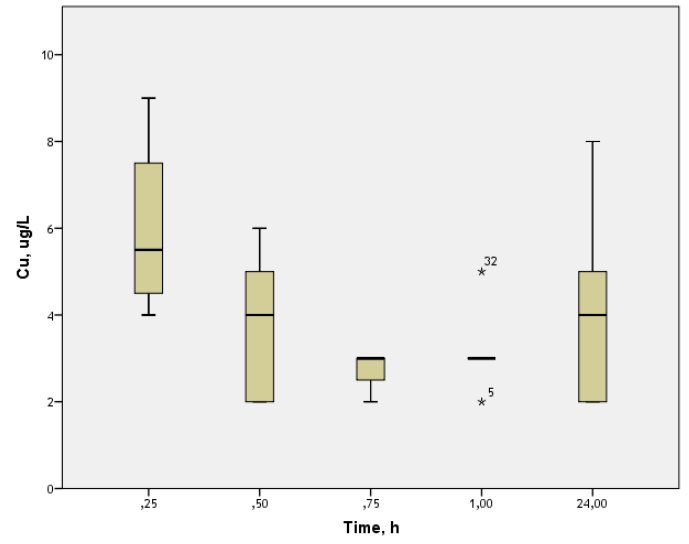
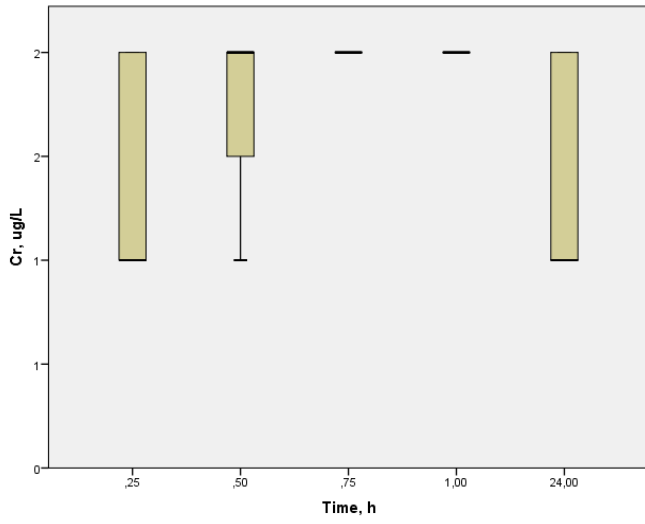
Σχηματική απεικόνιση των συγκεντρώσεων των ρύπων στα όμβρια ύδατα ανά περιοχή και ανά χρόνο δειγματοληψίας για τα 50 δείγματα χωρίς τις πρώτες ροές.

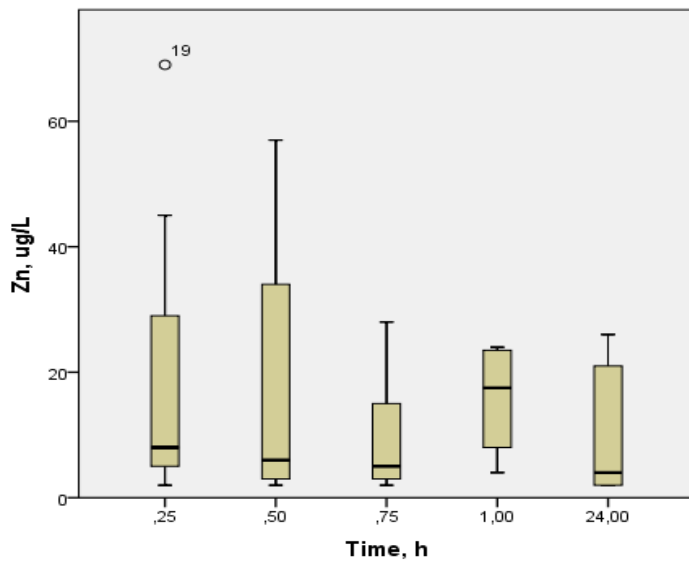
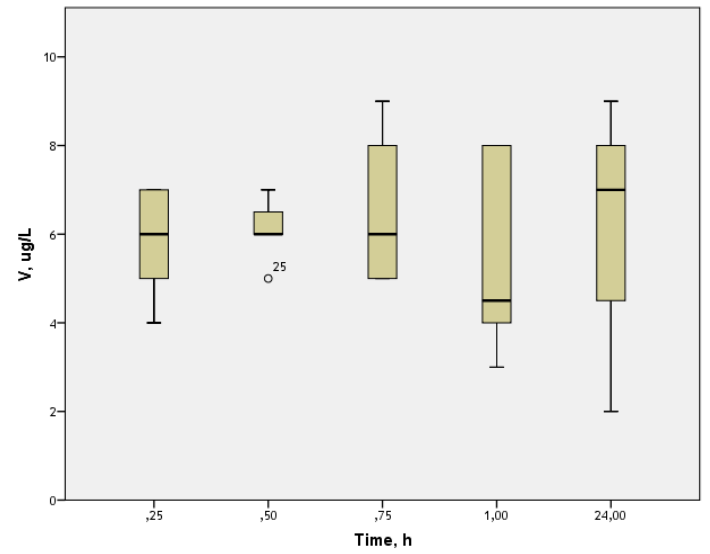
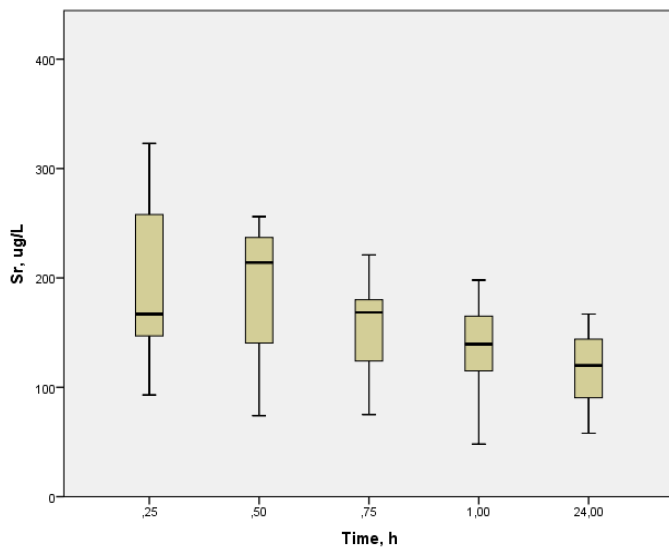
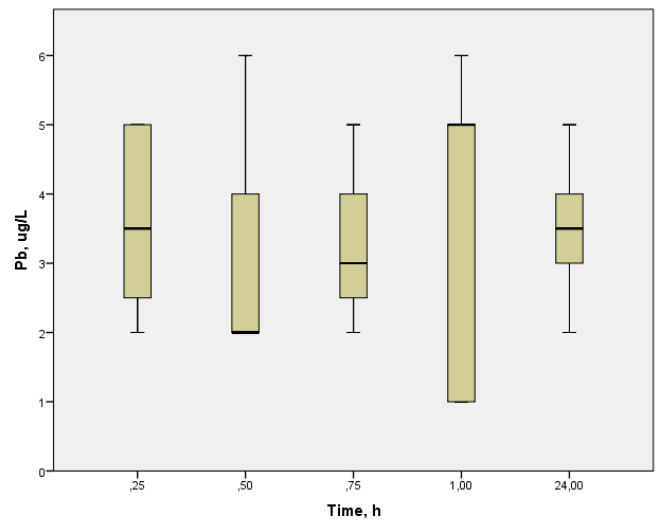
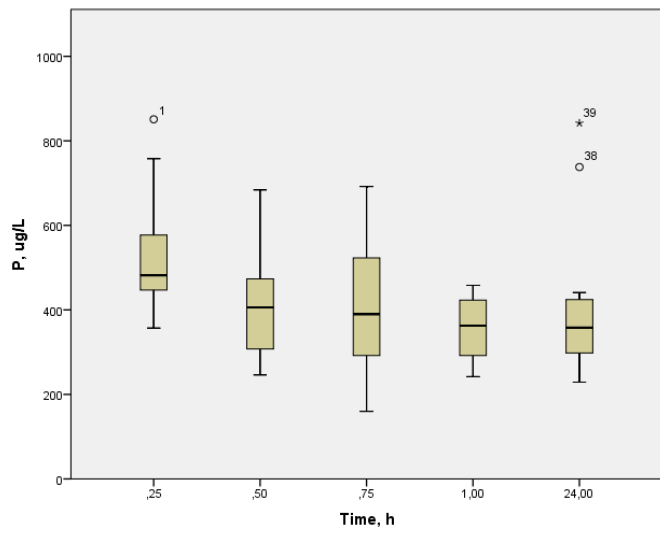
A.3.1 Περιοχή Α (περιοχή Αεροδρομίου)



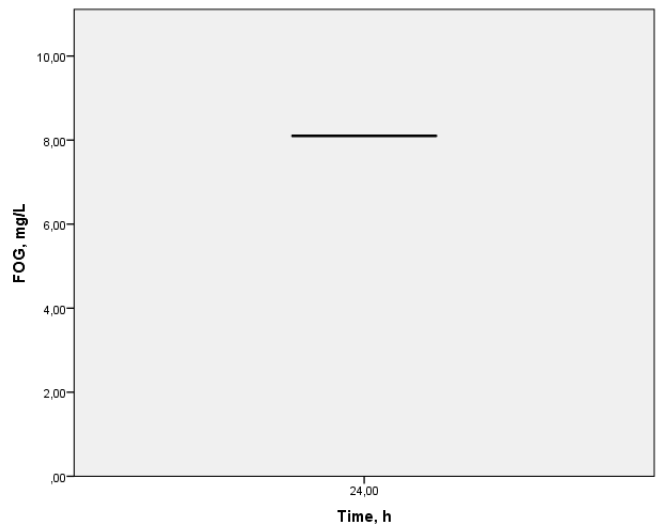
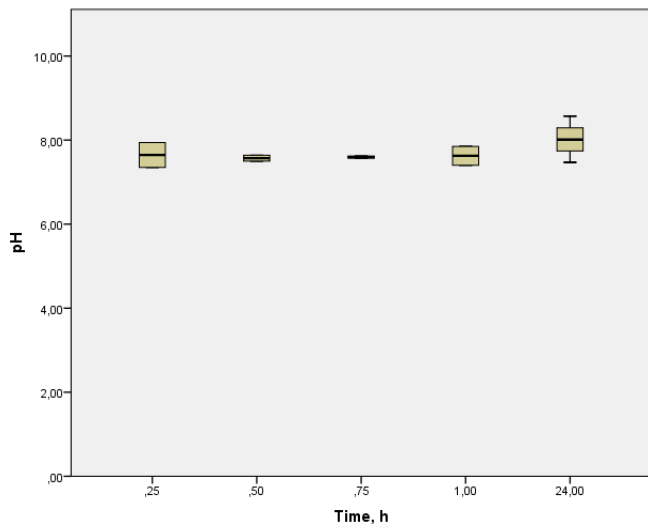
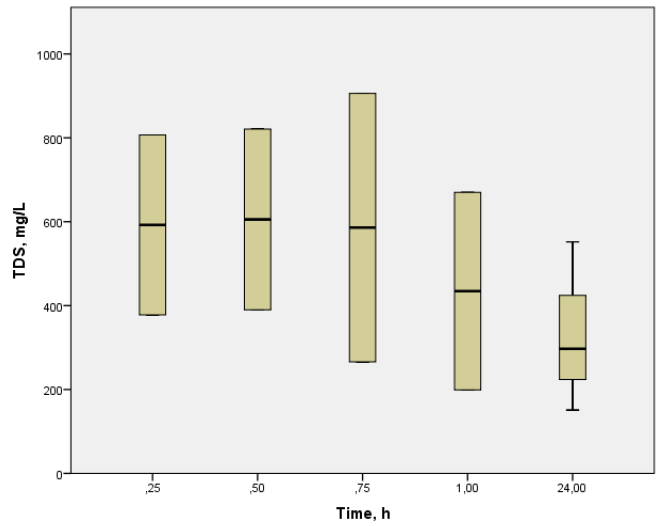
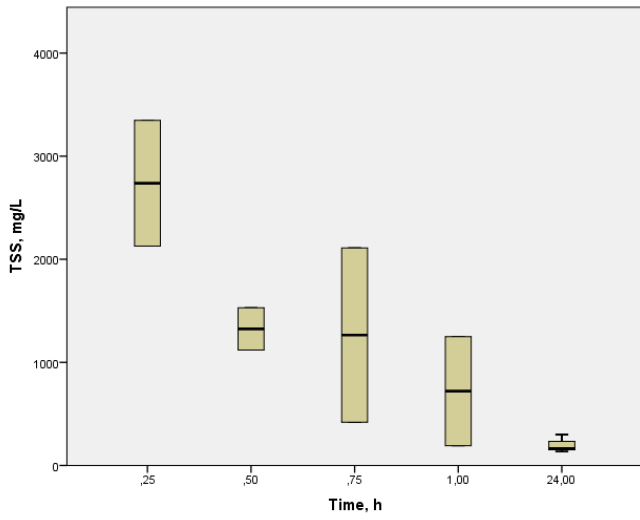
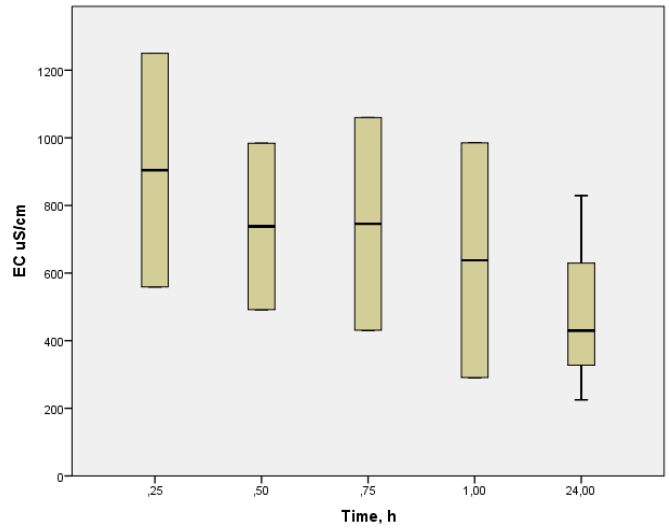
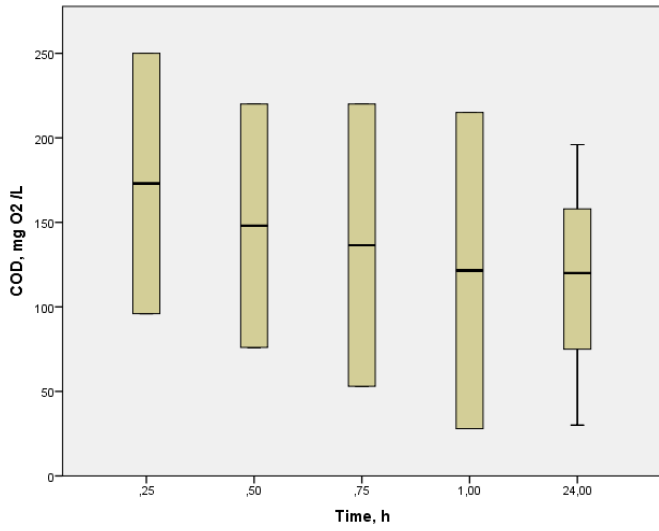


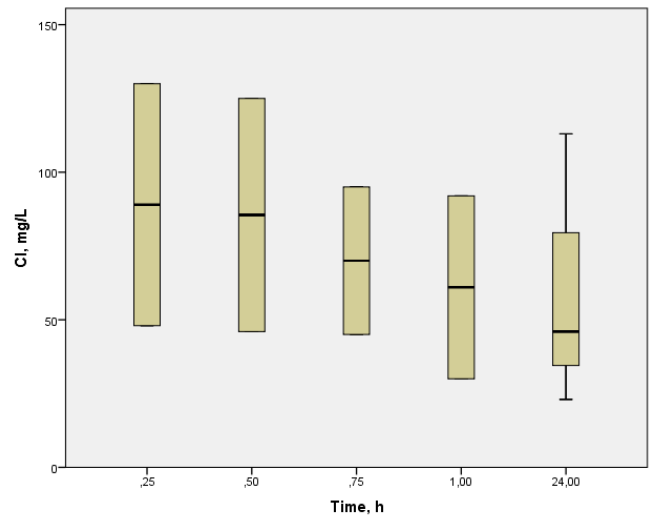
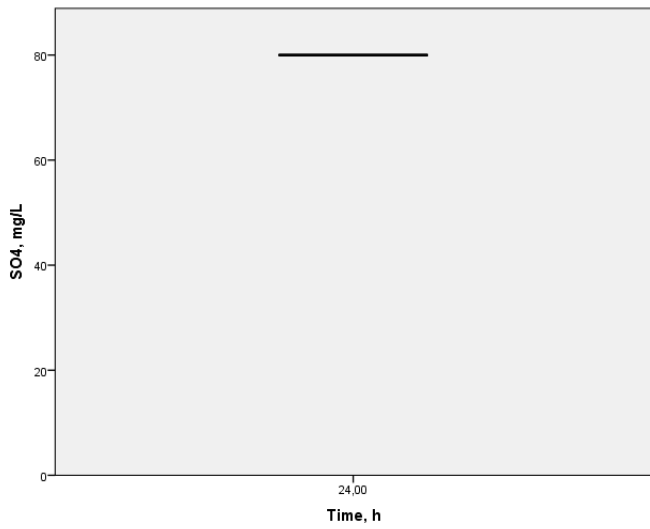
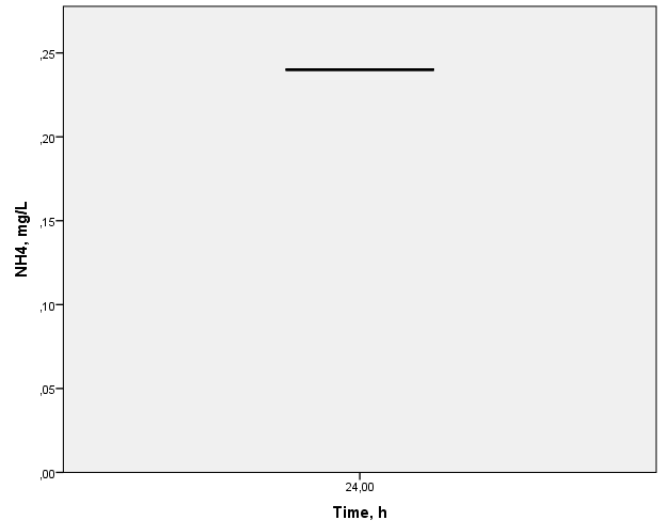
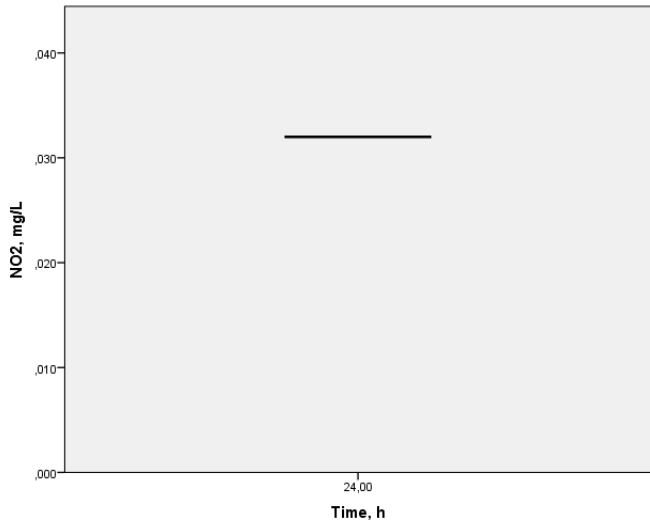
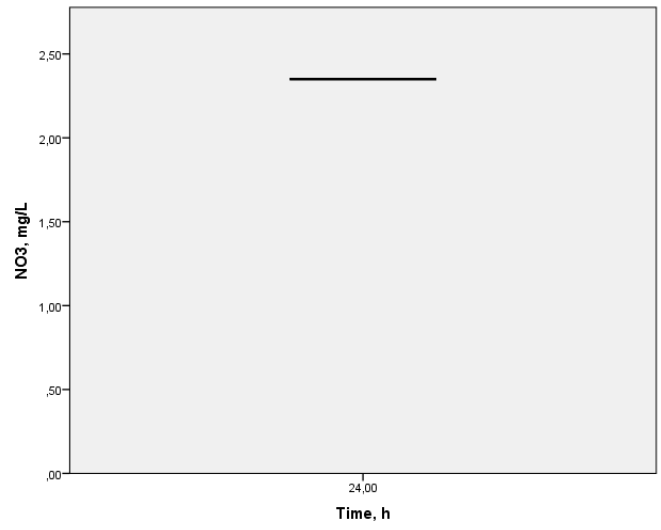
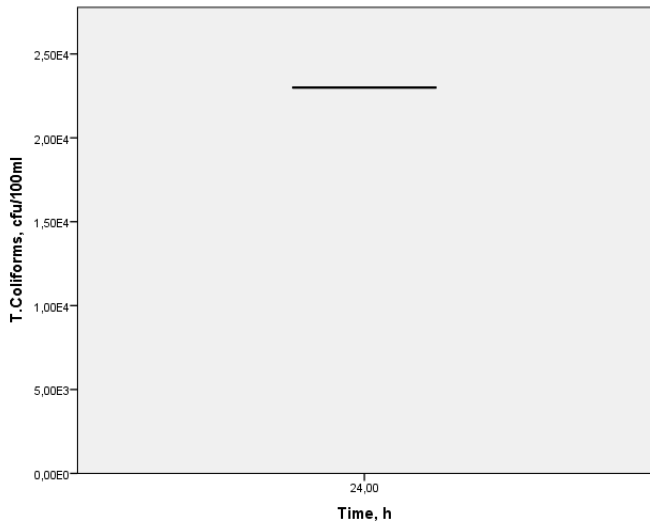


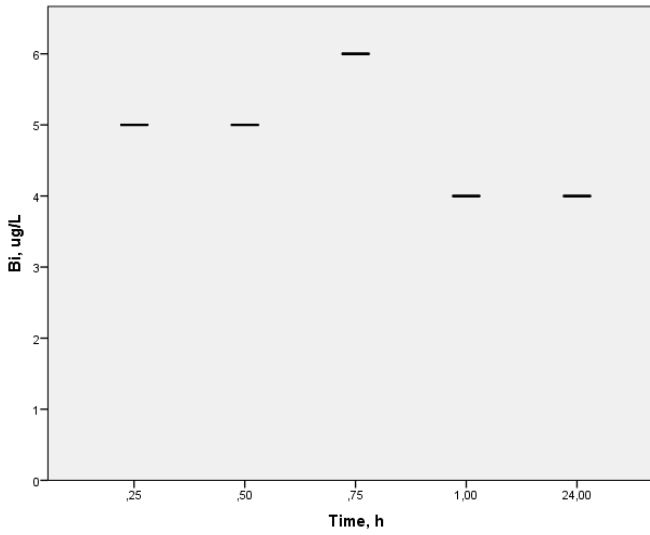
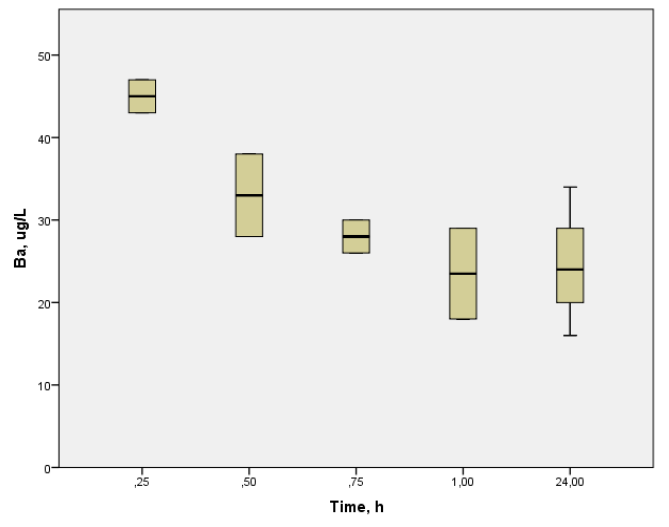
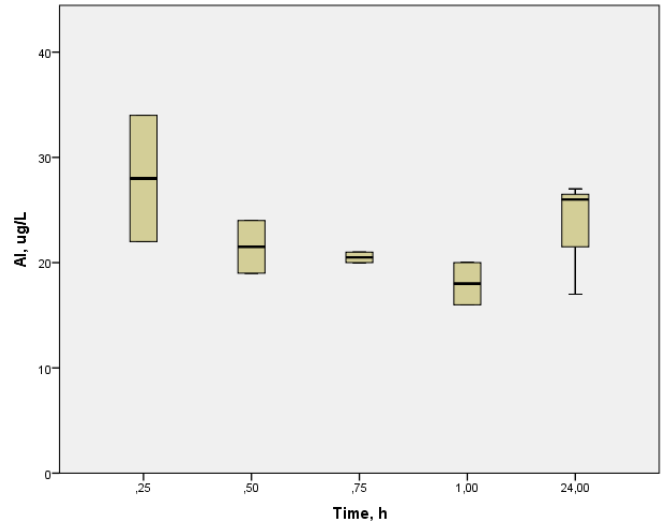


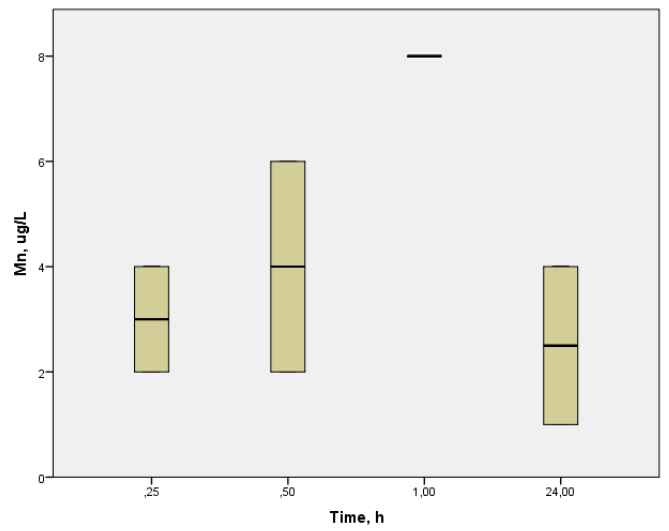
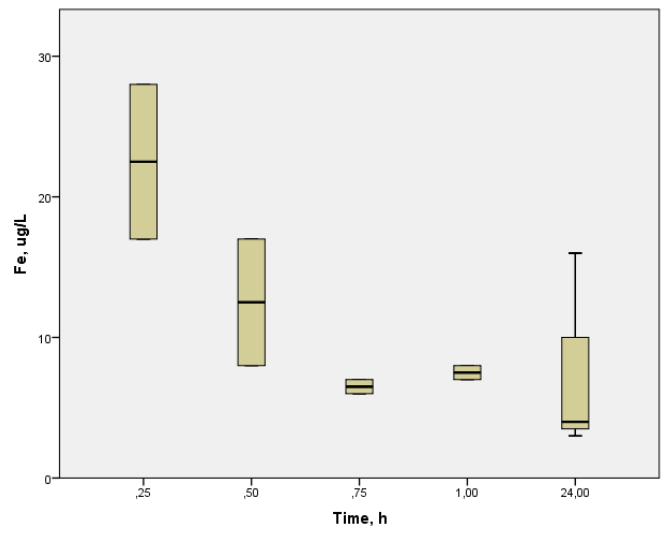
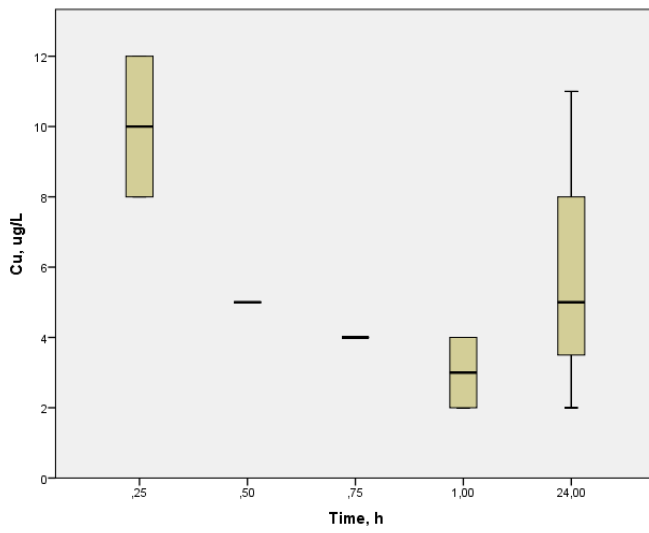
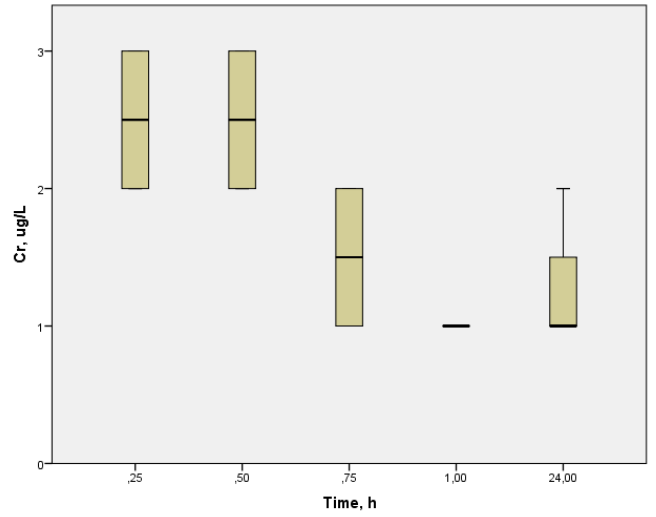
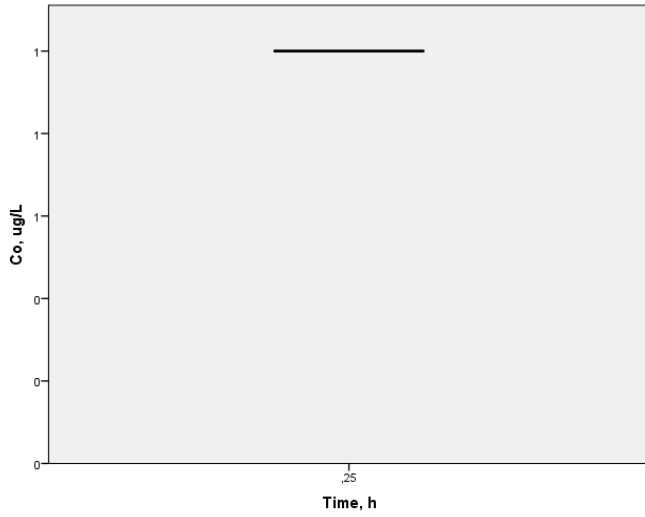


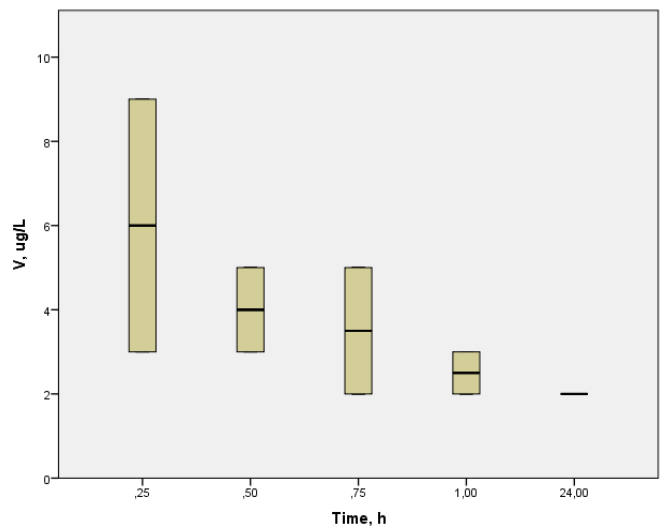
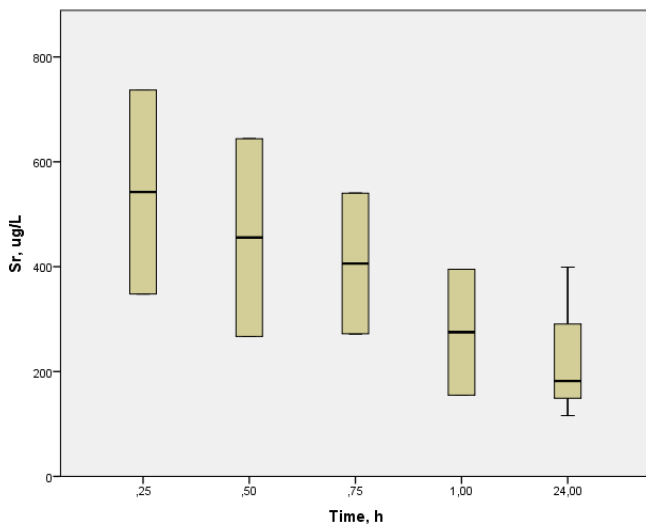
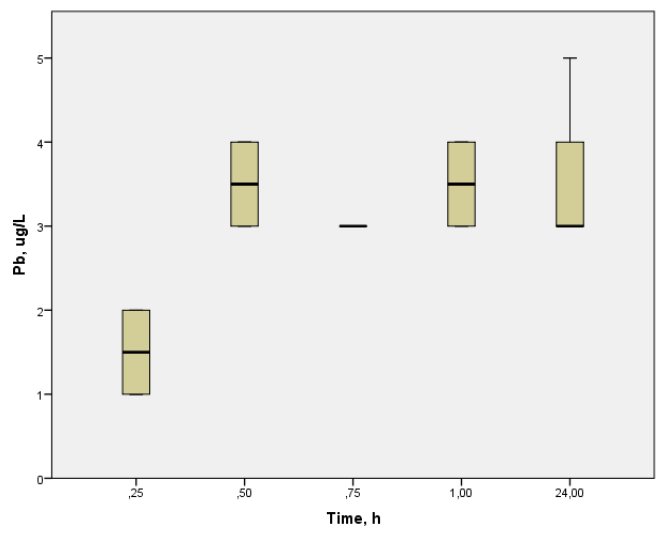
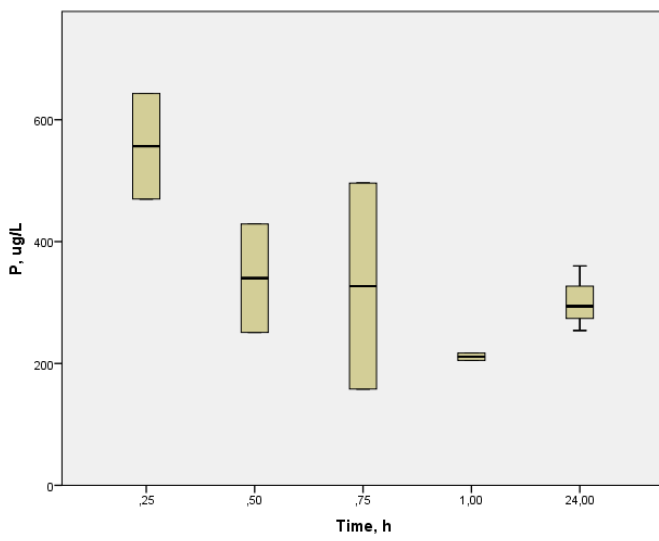
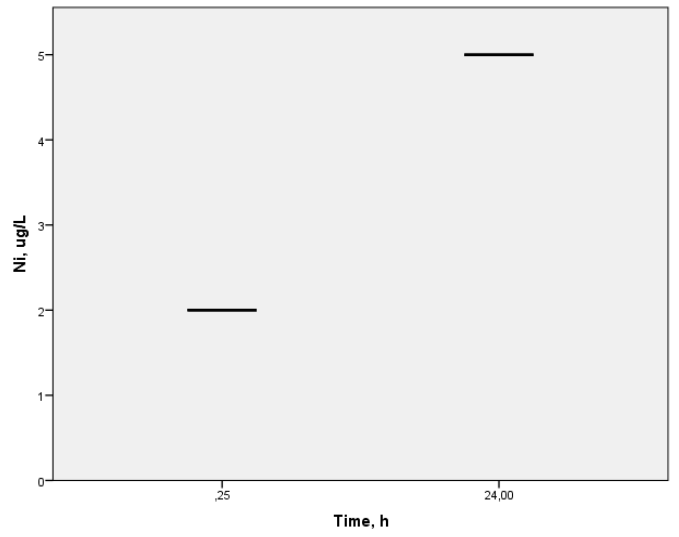
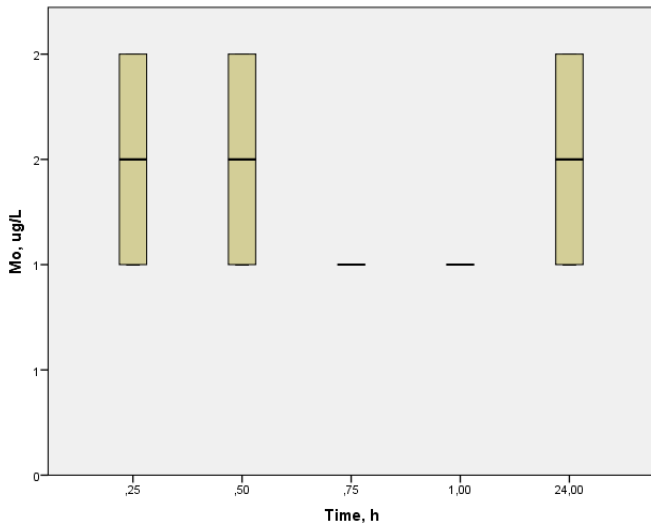
A.3.2 Περιοχή Β (Βιομηχανική περιοχή)

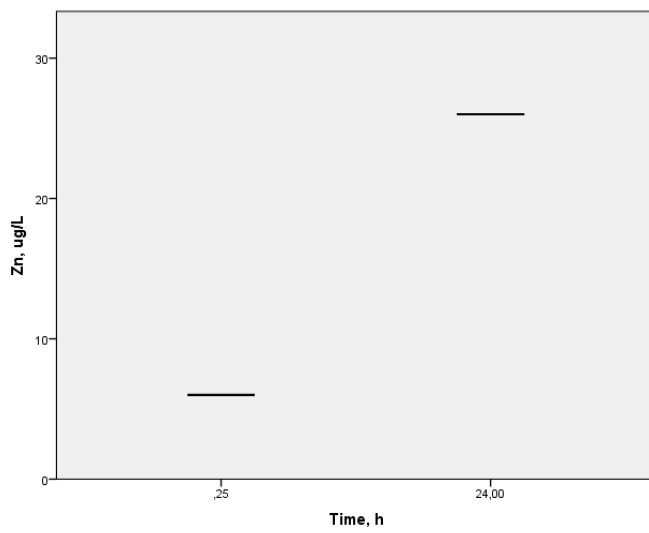












A.4 Φωτογραφίες

A.4.1 Περιοχή Α (περιοχή αεροδρομίου)







Α.4.2 Περιοχή Β (βιομηχανική περιοχή)







A.5 Πρωτογενή δεδομένα (αποτελέσματα)

α/α	Σημείο Δειγμ.	Ημερ. δειγμ.	Ένταση Βροχ.	COD mg/L	Conduc. μS/cm	TSS mg/L	TDS mg/L	pH ---	FOG mg/L	T.Colif cfu/100ml	NO3 mg/L	NO2 mg/L	NH4 mg/L	SO4 mg/L	Cl- mg/L
first flush 2012	A1	17/10/12	1	2750	2640	18520	1830	7,3	9,2	5,40E+04	32	0,12	0,52	95	68
1	A1	18/11/12	1	128	360	187	250	7,70	6,9	4,3E+04	1,20	0,021	0,11	40	26
2	A1	22/11/12	3	117	360	1630	270	7,63	6,3	4,1E+04	0,98	0,019	0,09	23	27
3	A2	22/11/12	1	81	198	241	135	7,68	4,1	3,1E+03	0,84	0,013	0,05	10	20
4	A3	22/11/12	1	80	174	107	121	7,60	2,6	2,3E+03	0,81	0,012	0,05	14	16
5	A4	22/11/12	0	84	245	99	160	7,52	2,2	2,1E+03	0,67	0,009	0,10	24	21
6	A5	22/11/12	1	68	287	97	136	7,70	2,1	2,5E+03	0,69	0,008	0,07	7	25
7	B5	23/11/12	1	120	430	300	297	8,57	8,1	2,3E+04	2,35	0,032	0,24	80	46
8	A1	04/12/12	2	45	335	986	275	7,06							19
9	A2	04/12/12	1	30	295	80	180	7,11							21
10	A3	04/12/12	1	28	300	82	220	7,10							24
11	A4	04/12/12	1	35	186	79	123	7,76							24
12	A5	04/12/12	0	32	310	68	221	7,86							21
13	A1	06/12/12	1	26	167	79	119	8,04							20
14	A2	06/12/12	1	20	162	67	116	8,09							19
15	A3	06/12/12	1	22	150	47	105	8,17							16
16	A4	06/12/12	1	26	155	58	106	8,16							17
17	A5	06/12/12	1	30	196	69	128	8,17							18
18	A1	08/12/12	2	122	660	842	485	7,80							50
19	A2	08/12/12	0	28	241	39	152	7,66							22
20	A1	10/12/12	4	202	808	3251	496	7,72							65
21	A2	10/12/12	3	157	861	2146	562	7,73							62
22	A3	10/12/12	1	36	322	441	234	7,86							28
23	A4	10/12/12	1	39	372	40	259	7,91							32
24	A5	10/12/12	1	36	356	42	282	7,86							33
25	B1	12/12/12	3	96	559	2128	378	7,35							48
26	B2	12/12/12	2	76	492	1119	390	7,64							46
27	B3	12/12/12	1	53	431	420	266	7,62							45
28	B4	12/12/12	1	28	291	191	199	7,85							30
29	B5	12/12/12	0	30	225	167	151	8,01							23
30	A1	12/12/12	3	135	539	1748	302	7,94							49
31	A2	12/12/12	2	62	373	844	240	8,00							25
32	A3	12/12/12	1	26	164	37	112	8,09							13
33	A4	12/12/12	1	25	64	39	43	8,13							10
34	A5	12/12/12	0	22	72	32	49	8,00							10
35	A1	07/01/13	2	58	265	925	170	7,78							24
36	A2	07/01/13	2	53	220	723	153	8,06							23
37	A3	07/01/13	1	50	204	21	142	8,17							20

38	A4	07/01/13	0	42	180	25	121	8,14								17
39	A1	30/01/13	1	45	245	24	182	7,25								22
40	B1	06/02/13	4	250	1250	3347	807	7,94								130
41	B2	06/02/13	2	220	984	1530	821	7,50								125
42	B3	06/02/13	2	220	1060	2110	906	7,57								95
43	B4	06/02/13	1	215	985	1250	670	7,40								92
44	B5	06/02/13	0	196	829	136	552	7,47								113
45	A5	07/02/13	1	18	195	32	124	7,79								20
46	A5	11/02/13	1	30	178	47	111	7,30								18
47	A5	18/02/13	1	39	316	56	208	7,40								31
48	A5	25/02/13	2	45	157	657	101	8,13								16
49	A5	22/03/13	1	80	315	112	198	7,12								32
50	A5	15/04/13	3	60	468	1291	330	7,94								47
first flush 2013	A1	21/10/13	2	3050	3300	23800	2186	7,4	10,3	6,20E+04	36	0,11	0,68	116	71	

Προσδιορίστηκαν τα διαλυμένα στο νερό συστατικά (χωρίς χωνευση)

Όπου A1= περιοχή Α στα 15 λεπτά, A2= περιοχή Α για 30 λεπτά, A3= περ. Α για 45 λεπτά, A4= περ. Α στα 60 λεπτά και A5= περ. Α στις 24 ώρες. Αντίστοιχα ισχύουν για την περιοχή Β.

α/α	Σημείο Δειγμ.	Ag μg/L	Al μg/L	As μg/L	Ba μg/L	Bi μg/L	Cd μg/L	Co μg/L	Cr μg/L	Cu μg/L	Fe μg/L	Hg μg/L	Mn μg/L	Mo μg/L	Ni μg/L	P μg/L	Pb μg/L	Sr μg/L	V μg/L	Zn μg/L	Be μg/L	Sb μg/L	Se μg/L	Ti μg/L
first flush 2012	A1	1	330	4	480	5	6	9	14	19	1685	0	1680	0	38	8420	5	652	16	41	1	23	34	1
1	A1	0	189	2	48	5	0	0	1	7	157	1	3	1	4	851	4	162	4	5				
2	A1	0	64	1	58	4	0	0	1	6	62	0	5	1	9	758	3	234	5	7				
3	A1	0	52	0	41	2	0	0	2	4	37	0	3	0	3	684	2	214	7	2				
4	A2	0	43	1	36	1	0	0	2	1	24	0	1	0	4	692	0	221	9	3				
5	A3	0	41	0	32	1	0	0	2	2	13	0	1	1	4	458	1	198	8	4				
6	A4	0	38	1	29	1	0	0	1	0	29	0	1	1	4	441	0	167	8	2				
7	A5	0	27	2	24	4	0	0	1	11	3	1	4	2	5	360	5	182	2	26				
8	B5	0	26	1	36	3	0	1	2	5	103	0	6	1	6	482	2	167	7	13				
9	A1	0	23	1	29	1	0	0	2	2	33	0	5	1	6	456	2	158	6	8				
10	A2	0	19	0	31	1	0	1	2	0	92	0	6	1	7	523	2	169	6	5				
11	A3	0	20	0	26	0	0	0	2	3	11	0	2	1	6	423	1	138	5	12				
12	A4	0	18	1	25	0	0	0	1	8	10	0	1	0	9	358	0	120	5	26				
13	A5	0	38	0	27	1	0	0	2	1	163	0	3	0	4	427	2	138	7	9				
14	A1	0	30	0	22	1	0	0	2	0	161	0	3	0	4	406	0	123	6	3				
15	A2	0	22	0	21	1	0	0	2	0	80	0	2	1	4	420	0	124	8	2				
16	A3	0	20	1	16	0	0	0	2	0	80	0	2	0	3	384	0	115	8	0				
17	A4	0	15	0	14	0	0	0	2	0	68	0	2	0	4	382	0	128	7	0				
18	A5	0	26	0	31	1	0	0	1	4	49	0	1	2	5	453	0	311	6	0				
19	A1	0	17	0	28	0	0	0	1	4	54	0	3	2	5	367	2	256	6	0				
20	A2	0	11	0	48	1	0	0	0	8	30	1	0	1	9	447	3	258	6	69				
21	A1	0	8	0	47	1	0	0	0	5	23	0	0	1	3	491	2	239	7	57				
22	A2	0	18	0	31	2	0	0	0	3	38	0	0	0	3	360	0	180	6	28				
23	A3	0	30	0	21	2	0	0	0	3	12	1	0	0	4	341	5	141	4	23				
24	A4	0	23	0	24	1	0	0	0	6	6	0	0	0	5	408	3	156	4	21				
25	A5	0	22	0	43	5	0	0	3	12	17	0	2	2	0	470	1	348	9	6				
26	B1	0	19	0	28	3	0	0	3	5	8	0	6	2	1	429	4	267	5	1				
27	B2	0	20	0	26	2	0	0	2	4	7	0	0	1	1	496	3	272	5	1				
28	B3	0	16	0	18	2	0	0	1	4	7	0	0	1	0	217	4	155	2	0				
29	B4	0	17	0	16	2	0	0	2	5	4	0	0	1	0	294	3	116	1	0				
30	B5	0	18	3	30	4	0	0	0	5	36	0	0	1	1	577	5	323	7	5				
31	A1	0	17	0	18	3	0	0	0	2	25	0	0	0	0	248	4	235	5	4				
32	A2	0	73	0	12	2	0	0	0	2	46	0	1	0	0	160	3	168	5	0				
33	A3	0	71	2	5	3	0	0	0	3	42	0	1	0	0	242	5	165	3	0				
34	A4	0	13	4	6	2	0	0	0	2	40	0	0	0	0	229	4	132	2	1				
35	A5	0	21	2	14	6	0	0	1	9	79	0	0	0	21	357	5	93	5	45				
36	A1	0	16	1	10	4	0	0	0	6	76	0	0	0	16	246	6	74	6	34				

37	A2	0	12	1	9	3	0	0	0	3	24	0	0	0	9	292	5	75	5	15				
38	A3	0	13	1	4	3	0	0	0	5	11	0	0	0	3	292	6	48	4	24				
39	A4	0	116	2	28	3	0	0	0	4	86	0	1	0	1	557	5	147	4	2				
40	A1	0	34	3	47	3	0	1	2	8	28	0	4	1	2	643	2	737	3	0				
41	B1	0	24	2	38	5	0	0	2	5	17	0	2	1	1	251	3	644	3	0				
42	B2	0	21	2	30	6	0	0	1	1	6	0	0	0	0	158	3	540	2	0				
43	B3	0	20	1	29	4	0	0	1	2	8	0	8	0	1	205	3	395	3	0				
44	B4	0	26	1	34	4	0	0	1	2	16	0	1	0	0	254	3	399	2	1				
45	B5	0	43	1	15	7	0	0	0	4	32	0	0	0	0	298	3	76	7	0				
46	A5	0	79	0	10	7	0	0	0	2	340	0	4	0	0	298	2	58	3	6				
47	A5	0	27	1	27	2	0	0	1	2	21	0	6	1	0	319	4	116	8	0				
48	A5	0	154	0	12	4	0	0	0	4	123	0	2	0	0	285	4	79	6	0				
49	A5	0	45	0	44	4	0	0	0	5	69	0	4	0	1	738	3	158	8	2				
50	A5	0	125	2	46	3	0	0	2	2	129	0	8	1	1	842	5	102	9	2				
First Flush 2013	A1	1	401	3	528	0	5	10	11	15	1391	0	2332	0	42	9389	9	829	15	39	1	20	21	1