ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2025

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ (ΠΡΩΗΝ Ε.Φ.Π)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

‘Ανάπτυξη προσροφητικών υλικών από οργανική υπολειμματική βιομάζα για απομάκρυνση ρύπων από υδατικά συστήματα’

‘Development of adsorbent materials from organic residual biomass for the removal of pollutants from aquatic systems’

ΡΕΝΤΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

Α.Μ 1082993

Τριμελής εξεταστική επιτροπή :

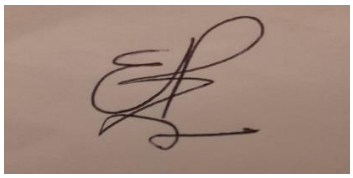
1. **Μπεκιάρη Βλασούλα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Επιβλέπουσα.**
2. **Γιαννακόπουλος Ευάγγελος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Μέλος.**
3. **Παπαδάκη Μαρία, Καθηγήτρια, Μέλος.**

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2025

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών :

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Φοιτήτρια Ρέντα Ευαγγελία του Ευαγγέλου έχει επίγνωση για τις συνέπειες του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνει πως είναι συγγραφέας της συγκεκριμένης Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη ολόκληρου του κειμένου αναφέροντας στη Βιβλιογραφία όλες τις πηγές από τις οποίες έλαβε τις πληροφορίες ή δεδομένα. Δηλώνει επίσης ότι, οποιαδήποτε πληροφορία ή κείμενο που ενσωματώθηκε στη εργασία από Βιβλία, δημοσκοπήσεις ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, έχει αναγνωριστεί ως έργο άλλου συγγραφέα και έχει αναφερθεί το όνομά του καθώς και η πηγή προέλευσης.

Η Φοιτήτρια Ρέντα Ευαγγελία



ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2025

Ευχαριστίες – Αφιερώσεις

Στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους που με υποστήριξαν και στάθηκαν δίπλα μου σε κάθε στιγμή σε αυτά τα 5 ακαδημαϊκά έτη, τα οποία μου χάρισαν ποικίλες γνώσεις και εμπειρίες.

Πρωτίστως, επιθυμώ να εκφράσω την εκτίμησή μου και τις ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μου εργασίας, Μπεκιάρη Βλασούλα, η οποία πάντοτε με χαμόγελο και θέληση με υποστήριζε καθ' όλη τη διάρκεια του έργου μου. Η συμμετοχή της είχε απεριόριστη αξία χαρίζοντας μου άπειρες γνώσεις και συμβουλές.

Ακόμα, θα ήθελα να αναφέρω και να ευχαριστήσω από καρδιάς την υποψήφια διδάκτορα, Σούλιου Παρασκευή η οποία μου πρόσφερε τις γνώσεις της και την βοήθεια της πάντα με όρεξη και πάθος.

Τέλος, θα ήθελα να αναφερθώ στην οικογένεια μου και στους φίλους μου, καθώς σε όλη τη διάρκεια των σπουδών, μου στάθηκαν με απρόσμενη αγάπη και πίστη ωθώντας με στο να προσπαθώ να δίνω τη καλύτερη πτυχή του εαυτού μου σε κάθε στιγμή της ζωής μου.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες - Αφιερώσεις…….. 3

Περιεχόμενα……4

Πρόλογος……..7

Abstract……7

Λέξεις – Κλειδιά……..7

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή……8

1.1 Ορισμός του οικοσυστήματος……8

1.2 Το υδάτινο στοιχείο……9

1.2.1 Ο κύκλος του νερού……...9

1.2.2 Χαρακτηριστικά του νερού……...10

1.3 Ρύπανση των υδάτων……10

1.3.1 Ευτροφισμός των υδάτων……10

1.4 Μόλυνση των υδάτων από μικροοργανισμούς……...11

1.4.1 Διαλυμένο οξυγόνο (Dissolved oxygen DO)……..11

1.4.2 Βιοχημικά Απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)……11

1.4.3 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)……..12

1.5 Μόλυνση από φυτοφάρμακα……..12

1.6 Υδροπηκτώματα……12

1.7 Ορισμός της προσρόφησης……..13

1.7.1 Εξωτερικοί παράγοντες δυναμικής προσρόφησης…….14

1.8 Ζεόλιθος……..14

1.9 Γεωργική υπολειμματική βιομάζα……...14

1.9.1 Ζιζανιοκτόνο Metribuzin……15

1.9.2 Αντιβιοτικό Σουλφαμεθοξαζόλη (SMX)……15

1.9.3 Αντιδραστήριο Διοξυδιφαινυλοσουλφόνη (BPS)……..15

1.9.4 Παραβένες (Parabens)……...16

1.10 Υπερκάθαρο νερό……16

1.11 Τεχνικές – Μέθοδοι……17

1.11.1 Φασματοφωτομετρία Υπεριώδους Ορατού (UV-Vis)….17

1.11.2 pH……..18

1.11.3 pH στο έδαφος……18

1.11.4 Μέτρηση τιμών pH σε διαλύματα……...19

1.12 Αμμωνία……19

1.12.1 Βασικές μορφές της αμμωνίας……..20

1.12.2 Πρωτόκολλο για φασματοφωτομετρική παρατήρηση αμμωνιακών HACH LANGE……21

1.13 Νιτρικά – Νιτρώδη……22

1.13.1 Τι είναι τα νιτρικά……..22

1.13.2 Πρωτόκολλο για φασματοφωτομετρική παρατήρηση νιτρικών HACH LANGE……23

1.14 Τι είναι τα νιτρώδη……..24

1.14.1 Πρωτόκολλο για φασματοφωτομετρική παρατήρηση νιτρωδών HACH LANGE……24

1.15 Φώσφορος (P)……25

1.15.1 Τι είναι ο φώσφορος……..25

1.15.2 Ο φώσφορος στο έδαφος……..25

1.15.3 Φωσφορικά ($PO4^{3-}$)……26

1.15.4 Πρωτόκολλο για φασματοφωτομετρική παρατήρηση φωσφορικών HACH LANGE……27

Κεφάλαιο 2 Υλικά – Μέθοδοι……..28

2.1 Υλικά πειράματος……..28

2.1.1 Υλικά πειραμάτων φασματοφωτομετρικών αναλύσεων αμμωνιακών, νιτρικών, νιτρωδών και φωσφορικών αντιδραστηρίων……..28

2.2.2 Υλικά εκτίμησης προσροφητικής ιδιότητας σε παραβένια (parabens)……28

2.1.3 Υλικά παρασκευής πρότυπων διαλυμάτων……..29

2.1.4 Βιοεξανθράκωμα πυρήνα ελιάς……29

2.2 Μεθοδολογία πειραμάτων……30

2.2.1 Μεθοδολογία προσροφητικών ικανοτήτων σε πρότυπα διαλύματα SMX με Ελιά σε πυρόλυση 400^{o}C……30

2.2.2 Μεθοδολογία προσροφητικών ικανοτήτων σε πρότυπα διαλύματα BPS με Κουκούτσια ελιάς BMOS σε πυρόλυση 600^{o}C……..30

2.2.3 Μεθοδολογία προσροφητικών ικανοτήτων σε πρότυπα διαλύματα Metribuzin με χημικά υδροπυκτώματα Α4 και Α17……..31

2.2.4 Μεθοδολογία προσδιορισμού προσροφητικής ικανότητας με χημικά υδροπυκτώματα Α12, Α20 και Α24 σε πρότυπα διαλύματα Parabens……..31

Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα……..32

3.1 Αποτελέσματα από φυσικά δείγματα……32

3.2 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας της Ελιάς σε πυρόλυση 400^{o}C σε υδάτινα συστήματα : περίπτωση χημικής ουσίας SMX……..32

3.3 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας των Biochar σε υδάτινα συστήματα: περίπτωση χημικής ουσίας BPS……34

3.4 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας οργανικών υδροπηκτωμάτων σε υδάτινα συστήματα: περίπτωση του ζιζανιοκτόνου Metribuzin……37

3.4.1 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων στα υδροπυκτώματα Α4 και Α17 με ζιζανιοκτόνο Metribuzin στο HPLC……42

3.4.1.2 Χρωματογραφήματα που απεικονίζουν την απομάκρυνση του ρύπου Metribuzin με υδροπυκτώματα Α4 και Α17……42

3.5 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας οργανικών υδροπηκτωμάτων σε υδάτινα συστήματα: περίπτωση του συντηρητικού EthylParaben……43

Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα……54

4.1 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με βιοεξανθράκωμα από ελιά σε πυρόλυση 400^{o}C και ρύπο το αντιβιοτικό Σουλφαμεθοξαζόλη (SMX)……50

4.2 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με βιοεξανθράκωμα από ελιά σε πυρόλυση 600^{o}C και ρύπο το αντιβιοτικό Δισφαινόλη S(BPS)……50

4.3 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με υδροπυκτώματα Α4 και Α17 και ρύπο το Metribuzin……50

4.4 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με υδροπυκτώματα Α12, Α20 και Α24 και ρύπο το συντηρητικό Ethyl Paraben……51

Κεφάλαιο 5 Βιβλιογραφία

Διεθνή Βιβλιογραφία……52

Ελληνική Βιβλιογραφία……55

Πρόλογος

Η έρευνα των προσροφητικών υλικών απέναντι στην ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα, χαρακτηρίζεται σημαντική διεργασία για την επιστήμη της Χημείας. Τα προσροφητικά υλικά και ειδικά τα υδροπυκτώματα αποτελούνται από πολυάριθμα δίκτυα των οποίων η ικανότητα να συγκρατούν νερό ή διαλύματα ρύπων που βρίσκονται σε επιφανειακά νερά, λίμνες ή ποτάμια αποτελεί χρήσιμη μελέτη. Η ικανότητα προσρόφησης εξαρτάται τόσο από τη χημική σύνθεση των υλικών όσο και από εξωτερικούς παράγοντες (θερμοκρασία, pH). Μια βασική πτυχή της έρευνας αποτέλεσε το Swelling Ratio (S%), το οποίο καθορίζει το ποσοστό της προσροφούμενης ουσίας. Στα εκάστοτε πειράματα, μελετήθηκαν τα ποσοστά διόγκωσης υδροπυκτωμάτων από οργανική υπολειμματική βιομάζα, σε συνδυασμό με διάφορα αντιδραστήρια και αντιβιοτικά μέσω φασματοφωτομετρίας απορρόφησης (UV-Vis).

Abstract

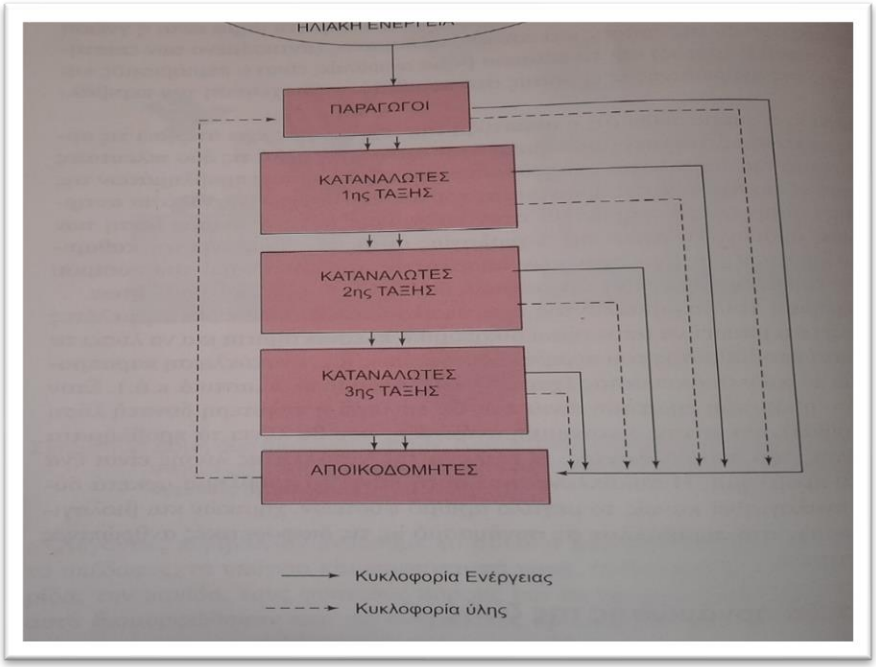
The research of adsorbent materials against aquifer pollution is considered an important process for the science of Chemistry. Adsorbent materials, and especially hydrogels, consist of numerous networks whose ability to retain water or pollutant solutions found in surface waters, lakes or rivers is a useful study. The adsorption capacity depends both on the chemical composition of the materials and on external factors (temperature, pH). A key aspect of the research was the Swelling Ratio (S%), which determines the percentage of the adsorbed substance. In each experiment, the swelling rates of hydrogels from organic residual biomass, in combination with various reagents and antibiotics, were studied through absorption spectrophotometry (UV-Vis).

Λέξεις – Κλειδιά : Water element, Water pollution, hydrogels, Adsorption, pesticides, ultra pure water.

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Ορισμός του οικοσυστήματος

Το οικοσύστημα αποτελεί ένα συνολικό σύστημα όπου οι ζωντανοί οργανισμοί (ζώα, φυτά, μικροοργανισμοί) και το αβιοτικό περιβάλλον (έδαφος, νερό, ατμόσφαιρα), αλληλεπιδρούν λειτουργικά μεταξύ τους. Οι ζωντανοί οργανισμοί διαχωρίζονται στους αυτότροφους (Παραγωγοί), που τα φυτά καταναλώνουν την οργανική τους ύλη με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και στους ετερότροφους (Καταναλωτές), που συνθέτουν τη τροφή τους έμμεσα ή άμεσα από άλλους οργανισμούς. Επίσης, υπάρχουν και οι αποικοδομητές (Μύκητες ή βακτήρια) που μετατρέπουν την νεκρή οργανική ύλη σε ανόργανη. (Αλμπάνης, 2009)



Εικόνα 1.1 Απεικόνιση της πορείας του οικοσυστήματος (Αλμπάνης, 2009)

Πλέον, η πληθυσμιακή αύξηση αποτελεί προβληματικό παράγοντα για τη διατήρηση του οικοσυστήματος. Η συνεχής κατανάλωση και η λανθασμένη διαχείριση των φυσικών πόρων έχει ως αποτέλεσμα ραγδαία περιβαλλοντική ρύπανση. Οι ανθρωπογενείς παράγοντες που προκαλούν ρύπανση περιλαμβάνουν τις βιομηχανίες που εκθέτουν απόβλητα όλων των ειδών (υγρά, στερεά και αέρια), τις γεωργικές πρακτικές όπου η χρήση χημικών συσκευασιών (εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα) προκαλούν έντονα προβλήματα στο έδαφος και στο νερό και τις έντονες εκμεταλλεύσεις των φυσικών πόρων για παραγωγή ενέργειας. (Αλμπάνης, 2009).

Προκειμένου να υπάρξει μια ισορροπία " ανθρώπου – φύσης " και να επιτευχθεί μείωση των ενεργειών που προκαλούν ρύπανση, πρέπει πρωτίστως ο άνθρωπος να ευαισθητοποιηθεί και να συνειδητοποιήσει πως τα αποτελέσματα της ρύπανσης δεν επηρεάζουν μόνο το περιβάλλον αλλά παράλληλα την ψυχική και σωματική του υγεία (Αλμπάνης, 2009)

1.2 Το υδάτινο στοιχείο

Το νερό αποτελεί το κύριο στοιχείο για τη ζωή. Είναι βασικός διαλύτης και εμφανίζεται σε υγρή, στερεή (πήξη) και αέρια μορφή (τήξη). (Frank H. Stillinger Jul. 25, 1980).Η ικανότητα του νερού να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου, στηρίζεται κυρίως στη φάση που έχει τη μορφή πάγου. Ο πάγος έχει λιγότερη πυκνότητα από το υγρό νερό, λόγω της δομής του που αποτελείται από δεσμούς υδρογόνου (είναι πιο ασθενέστεροι). Στη μορφή του πάγου, ένα άτομο οξυγόνου αποτελείται από τέσσερα άτομα υδρογόνου. Βέβαια, τα δύο από τα τέσσερα άτομα υδρογόνου είναι πιο κοντά στο οξυγόνο, συνδέονται με ομοιοπολικό δεσμό, δημιουργώντας έτσι το μόριο του νερού H_2O (Ebbing Gammon, 2018).



Εικόνα 1.2 Ο κύκλος του νερού **(Θεριός, 2021)**

1.2.1 Κύκλος του νερού

Η αποθήκευση του νερού στην ατμόσφαιρα γίνεται στα νέφη, στο χιόνι και στους πάγους. Τα νέφη προκαλούν βροχόπτωση, και το νερό της βροχής φτάνει στο έδαφος και το απορροφά. Το νερό που δεν μπορεί να απορροφηθεί από το έδαφος, ρέει επιφανειακά μέσω των ποταμών. Από το λιώσιμο των πάγων καταλήγει στις λίμνες, στα ποτάμια και στις θάλασσες. Στα φυτά μέσω της εξατμισοδιαπνοής μεταφέρεται πίσω στη ατμόσφαιρα. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η ανακύκλωση του νερού. Ακόμα, η ηλιακή ακτινοβολία διασπά το νερό της ατμόσφαιρας σε υδρογόνο (H_2) και οξυγόνο (O_2) (Θεριός, 2021).

1.2.2 Χαρακτηριστικά του νερού

Υπάρχουν δύο κατηγορίες που διαχωρίζουν τα χαρακτηριστικά του νερού :

1) Φυσικά, στα οποία περιλαμβάνονται η θερμοκρασία, η απόχρωση του νερού, η οσμή-γεύση, η ηλεκτρική αγωγιμότητα κ.ά. Η θερμοκρασία είναι η πιο σημαντική ιδιότητα του νερού (Αλμπάνης, 2009). Με την αύξηση της θερμοκρασίας το νερό συμπεριφέρεται ως μη πολικός διαλύτης, οι δεσμοί υδρογόνου σπάνε και το νερό χάνει την διαλυτότητα του (Allan H. Harvey, Daniel G. Friend, 2004).

   Στη περίπτωση της απόχρωσης του νερού, η ρύπανση των φυσικών νερών μπορεί να δώσει κίτρινη απόχρωση ή καφέ. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εξαρτάται από τη ποσότητα των αλάτων που θα είναι διαλυμένα στο νερό. (Αλμπάνης, 2009)

2) Χημικά, συνήθως περιλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και κάποια ιόντα. Το διοξείδιο του άνθρακα επηρεάζει ρυθμιστικά το Ph, τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή. Τα ιόντα, λόγω του άνθρακα, είναι το H_2CO_3 (ανθρακικό οξύ) το οποίο συμπεριφέρεται σαν διφασικό οξύ, και το HCO_3^- (διττανθρακικό). Τα δύο παραπάνω ιόντα είναι υπεύθυνα για τη ρυθμιστική ιδιότητα των φυσικών νερών. (Αλμπάνης, 2009)

1.3 Ρύπανση των υδάτων

Η ρύπανση των υδάτων είναι η κάθε μορφής ρύπανση των νερών από φυσικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες. Η ρύπανση των υδάτων κυρίως εξαρτάται από την έκταση της περιοχής. Οι ρυπάνσεις που γίνονται σε πιο μικρές περιοχές είναι πιο εύκολο να εντοπιστούν. Στις πιο μεγάλες σε έκταση περιοχές οι ρύποι προκύπτουν κυρίως κατά τη διάβρωση από ομάδες εδάφους σε όλη τη περιοχή, που έχουν απόβλητα. Οι ρύποι που είναι διασκορπισμένοι σε αυτές τις ομάδες εδάφους είναι αιτία ευτροφισμού των υδάτων (Ασημακόπουλος, 2013). Ακόμα, οι συνέπειες της ρύπανσης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού εξαρτώνται από τον τύπο των ρύπων αλλά και από την συγκέντρωση τους μέσα στο νερό (Καραθανάσης Σ. , Κούγκολος Α. , 2024).

1.3.1 Ευτροφισμός των υδάτων

Ο ευτροφισμός προκύπτει από την έντονη παρουσία ιόντων. Τα ιόντα έχουν ως πηγή ανόργανα λιπάσματα που βρίσκονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις. Επίσης, υπάρχουν και τα υγρά απόβλητα (γεωργικά, αστικά, βιομηχανίες), τα οποία περιέχουν και οργανικές ουσίες, που είναι τροφή μικροβίων (Παραγωγοί). Ο ευτροφισμός είναι μεγαλύτερος σε περιοχές με μικρή κυκλοφορία νερού π.χ. οι λίμνες, τα ρυάκια κ.ά. Άρα και τα νερά είναι πιο υποβαθμισμένα. (Ασημακόπουλος,2013)

1.4 Μόλυνση των υδάτων από μικροοργανισμούς

Τα ύδατα αποτελούνται από μικροοργανισμούς (μικρόβια – βακτήρια τυπικών διαστάσεων 0,5 – 10 μ). Οι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση οργανικών ουσιών. Βέβαια, η παρουσία μικροοργανισμών μπορεί να είναι και τοξική προκαλώντας ασθένειες. Αυτοί οι μικροοργανισμοί ορίζονται ως παθογόνοι. (Αλμπάνης, 2009).

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορούν να είναι υπεύθυνοι για την υψηλή θολότητα του νερού. Μειώνουν την απολυμαντική ικανότητα των κολλοειδών ουσιών στο νερό με αποτέλεσμα να παρουσιάζει θολότητα. Εκτός από τις μικροβιακές μολύνσεις που δημιουργούν ασθένειες, το pH, η σκληρότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η θολότητα, η οσμή, το χρώμα, τα διαλυμένα στερεά (TDS), επηρεάζουν την ποιότητα αλλά και την αισθητική εικόνα των υδάτων. (Nduli S. ,et al. 2025). Εκτός από τους παθογόνους μικροοργανισμούς, υπάρχει μια ομάδα μικροοργανισμών που δεν είναι παθογόνοι. Αυτοί οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται στα επιφανειακά νερά και δρουν καθοριστικά στον φυσικό αυτοκαθαρισμό των υδάτων. Η ιδιότητα τους είναι να μετατρέπουν τις οργανικές ενώσεις σε ανόργανες και να αντιμετωπίζουν παθογόνα. Οι μικροοργανισμοί διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τους αυτότροφους (φωτοσύνθεση ή χημική σύνθεση) και τους ετερότροφους. (Αλμπάνης, 2009)

1.4.1 Διαλυμένο οξυγόνο (Dissolved Oxygen DO)

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζεται άμεσα από την θερμοκρασία. Η δράση αυτών των ιδιοτήτων επηρεάζει τη δραστηριότητα του υδατικού οικοσυστήματος, την κατάσταση της τροφικής αλυσίδας στις λίμνες ή στα ποτάμια. Η αλληλεπίδραση του διαλυμένου οξυγόνου με τη θερμοκρασία ποικίλλει ανάλογα με το βάθος του νερού αλλά και με τη χρονική περίοδο. Αρκετές μελέτες παρουσιάζουν ποικιλίες βαθών υδάτων, οι οποίες καταλήγουν στο συμπέρασμα πως τα επιφανειακά ύδατα είναι πιο δύσκολο να εμφανίσουν ακριβείς συγκεντρώσεις θερμοκρασίας – διαλυμένου οξυγόνου, από τα πιο βαθιά ύδατα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έντονη θερμική μεταβλητότητα των επιφανειακών υδάτων. (Woelmer W., et al., 2024)

1.4.2 Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biological Oxygen Demand BOD)

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), ουσιαστικά δηλώνει τη παρουσία ρύπων σε υδάτινα οικοσυστήματα, κυρίως λύματα. Όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, το οξυγόνο μειώνεται με αποτέλεσμα το νερό να υποβαθμίζεται ως λειτουργικό οικοσύστημα. Η αύξηση του BOD επηρεάζεται εξίσου και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανικές εγκαταστάσεις). Η παραγωγή τοξικών προϊόντων γύρω από τα επιφανειακά νερά, επηρεάζει δυσμενώς τη συγκέντρωση του BOD, προσβάλλοντας έτσι και τους ζώντες οργανισμούς των υδάτινων οικοσυστημάτων. (A.G. Usman, et al., 2025)

1.4.3 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand COD)

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο πρόκειται για το οξυγόνο που είναι απαραίτητο για την οξείδωση οργανικών ενώσεων στο νερό. Η έντονη παρουσία τοξικών ενώσεων που δεν μπορούν να διασπαστούν, αποτελεί αφορμή για τον υπολογισμό του COD. (Αλμπάνης, 2009) Σε αυτή τη περίπτωση κυριαρχεί ο λόγος COD/BOD5 (πέντε ημέρες). Το BOD5 βρίσκεται σε μειωμένη συγκέντρωση όταν υπάρχουν τοξικές ουσίες στο νερό. Για τα οικιακά απόβλητα ο παραπάνω λόγος κυμαίνεται περίπου από 1: 1,25 και για τα απόβλητα των βιομηχανιών περίπου 1:10 ή και παραπάνω (Αλμπάνης, 2009).

1.5 Μόλυνση από φυτοφάρμακα

Τα κύρια φυτοφάρμακα αποτελούν κυρίως τα ζιζανιοκτόνα, τα μυκητοκτόνα και τα εντομοκτόνα. Τα φυτοφάρμακα αποτελούν χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται τακτικά σε γεωργικές πρακτικές όμως μπορούν να μεταφερθούν και στα υδάτινα οικοσυστήματα μέσω της διάβρωσης του εδάφους, της απορροής (πλημμύρες), η κακή αποστράγγιση των εδαφών και η ανταλλαγή νερού από τα υπόγεια ή τα επιφανειακά ύδατα. Τα θρεπτικά συστατικά των φυτοφαρμάκων προκαλούν έντονα φαινόμενα ευτροφισμού στα ύδατα αλλά ταυτόχρονα και απώλεια ζωντανών ειδών (Lorenz S.et al., 2025).

1.6 Υδροπηκτώματα

Τα υδροπηκτώματα (hydrogels), αποτελούν μια ομάδα υλικών είτε από φυσικά πολυμερή, συνθετικά πολυμερή ή και τα δύο (υβριδικά πολυμερή). Τα πολυμερικά αυτά δίκτυα δεν διαλύονται στο νερό και έχουν την ικανότητα να συγκρατούν μεγάλη ποσότητα νερού ή οποιοδήποτε άλλο υγρό.

Ανάλογα με το σχηματισμό του πολυμερικού δικτύου τα υδροπυκτώματα χωρίζονται σε φυσικά συνδεδεμένα υδροπηκτώματα και σε χημικά συνδεδεμένα υδροπηκτώματα. Τα φυσικά υδροπηκτώματα έχουν περισσότερο μεταβλητή δομή εξαιτίας των φυσικών διεργασιών του περιβάλλοντος (pH, ιόντα, θερμότητα κ.ά.) και των μη ομοιοπολικών δεσμών που συνδέονται π.χ. δεσμοί υδρογόνου που έχουν μειωμένη αντοχή και σταθερότητα. Τα χημικά υδροπηκτώματα, διαθέτουν πιο σταθερά δίκτυα με ένωση ισχυρών ομοιοπολικών δεσμών (συμπληρωματικά μόρια, ένζυμα). Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις υπάρχει μια κοινή ιδιότητα που σχετίζεται με τη πυκνότητα των διασυνδέσεων. Όσο πιο έντονη είναι η πυκνότητα των διασυνδέσεων τόσο πιο χαμηλή είναι η απορρόφηση του υγρού, ενώ η περιορισμένη πυκνότητα διασυνδέσεων καθιστά μεγαλύτερη την απορρόφηση και τη συγκράτηση του υγρού. (Wang S. , Zhi C., 2025)

1.7 Ορισμός της προσρόφησης

Η προσρόφηση (adsorption) ορίζεται ως μια διαδικασία που απομακρύνει τους ρύπους από υδατικά οικοσυστήματα, μέσω της ένωσης μιας ουσίας (προσροφημένο) με την επιφάνεια ενός απαιτούμενου προσροφητικού υλικού. Υπάρχουν δύο τύποι προσρόφησης, η φυσική και η χημική. Η αλληλεπίδραση των υλικών στη φυσική προσρόφηση γίνεται με ασθενείς δεσμούς π.χ. δεσμοί υδρογόνου, δεσμοί Van der Waals, διπολικές ενώσεις κ.ά. Λόγω των ασθενών δεσμών το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μπορεί να είναι μεταβλητό με μέτριες τιμές ενθαλπίας, έτσι τα μόρια του προσροφημένου υλικού είναι πιο κινητικά στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού. Αντίθετα, στη χημική προσρόφηση, η αλληλεπίδραση προσροφημένου και προσροφητικού υλικού διαθέτει πιο ισχυρούς δεσμούς. Άρα, γίνεται αντιληπτό πως η μεταβλητότητα και η ελευθερία κινήσεων των μορίων είναι πιο δύσκολη και οι τιμές ενθαλπίας υψηλότερες. Η επιλογή προσροφητικού υλικού απαιτεί κάποιες προϋποθέσεις. Προκειμένου να επιτευχθεί απομάκρυνση ρύπων πρέπει να μελετηθούν κάποια φυσικά φαινόμενα που ελέγχουν τους μηχανισμούς προσρόφησης. Αυτά τα φυσικά φαινόμενα επηρεάζουν τη δομή των δεσμών που επιτρέπουν τις αλληλεπιδράσεις με τα προσροφητικά υλικά.

1. **Ηλεκτροστατική αλληλεπίδραση** : Ο ορισμός εξηγεί ότι δύο υλικά, αντίθετα φορτισμένα έλκονται μεταξύ τους. Αυτή η διαδικασία είναι αρκετά ενεργή στη διαδικασία της προσρόφησης ρύπων. Ένα παράδειγμα προσροφητικού υλικού αποτελεί ο ενεργός άνθρακας. Ο ενεργός άνθρακας θεωρείται ένα υλικό με θετικό πρόσημο και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τις προσροφήσεις μικροπλαστικών από το νερό.

2. **Υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις** : Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νερό (H_2O). Όταν τα συσσωματώματα των ρύπων έρχονται σε επαφή με υδρόφοβα προσροφητικά υλικά, οι ρύποι προσκολλώνται σταθερά στις επιφάνειες των προσροφητικών υλικών και δεν φεύγουν εύκολα στο νερό. (Garcia-Rollan M. ,et al.,2025)

1.7.1 Εξωτερικοί παράγοντες δυναμικής προσρόφησης

Η δυναμική διαδικασία της προσρόφησης εξαρτάται από τους εξής εξωτερικούς παράγοντες :

1. **Θερμοκρασία** : Η προσρόφηση αποτελεί μια αντίδραση που εκκρίνει ενέργεια με μορφή θερμότητας. Έτσι, όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή η απορρόφηση της προσροφούμενης ουσίας είναι πιο εύκολη.

2. **pH** : Επηρεάζει κυρίως τις ιοντικές ενώσεις. Τα οργανικά οξέα που το pH τους διακυμαίνεται στην ουδέτερη τιμή του (pH=7), έχουν πιο αποτελεσματική προσροφητική ικανότητα από τα ιόντα.
3. **Μέγεθος σωματιδίων** : Όσο πιο μικρή είναι η εξωτερική επιφάνεια του σωματιδίου, τόσο πιο μεγάλη είναι η εσωτερική επιφάνεια και αντίστοιχα και η προσροφητική ικανότητα.

4. **Αλατότητα** : Η αλατότητα εξαρτάται από την ανταλλαγή ιόντων μεταξύ στερεής – υγρής φάσης. Τα ουδέτερα μόρια δεν επηρεάζονται.

5. **Συμμετοχή παραπάνω οργανικών υλικών** : Όσο πιο πολλά οργανικά υλικά παρουσιάζονται ανάμεσα στη στερεή και στην υγρή φάση τόσο πιο πολύ μειώνεται η προσροφητική ικανότητα. Αυτό οφείλεται στην έντονη διαλυτότητα. (Αλμπάνης, 2009)

1.8 Ζεόλιθος

Ο ζεόλιθος (zeolite), ορίζεται ως ένα μικροπορώδες ορυκτό που αντιδρά με αργιλικά και πυριτικά άλατα. Λόγω της επιφάνειας του ζεόλιθου χρησιμοποιείται συχνά ως καταλύτης και κυρίως ως προσροφητικό υλικό. Επίσης, διακρίνεται για την ρυθμιστική του ιδιότητα και για την ανταλλαγή ιόντων. Η σύνθεση του ζεόλιθου αποτελεί εναλλακτική της χρήσης σκυροδέματος αλλά αποτελεί και κομμάτι έρευνας για τη μέγιστη αντοχή (Deng K. ,et al., 2024).

1.9 Γεωργική Υπολειμματική Βιομάζα

Η γεωργική υπολειμματική βιομάζα αποτελεί συνήθως υπολείμματα κοπριάς από κτηνοτροφικά ζώα ως λιπάσματα ή κάποια φυτικά υπολείμματα από γεωργικές εκτάσεις ή υγρότοπους. Τα υπολείμματα των γεωργικών εκτάσεων συνήθως περιλαμβάνουν περίσσεια σπόρων από κλάδεμα ελιάς (κουκούτσια), σκόνη, φλούδες, κλαδιά ή φύλλα από λοιπά δένδρα ή θάμνους. Οι υγρότοποι περικλείονται από ξεραμένες καλαμιές ή μικρότερα κομμάτια αυτών εξαιτίας διάφορων κλιματικών συνθηκών (Schultz J., et al., 2025). Η μετατροπή της βιομάζας σε πολύτιμα προιόντα π.χ. βιοκαύσιμα, βιοαέριο κρίνεται από διάφορες μεθόδους, αλλά η πιο σημαντική χαρακτηρίζεται η πυρόλυση λόγω της συμμετοχής της στη μείωση στερεών αποβλήτων και στη δέσμευση του άνθρακα (Esraa M. El-Fawal, et al., 2025). Ωστόσο η αντίδραση της γεωργικής βιομάζας στα υδάτινα οικοσυστήματα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα εξαιτίας κυρίως της απόρριψης των υπολειμμάτων στο περιβάλλον, προκαλώντας σπατάλη πόρων ενέργειας (Zhang Y., et al. 2023).

1.9.1 Ζιζανιοκτόνο Metribuzin

Το Metribuzin αποτελεί ένα ζιζανιοκτόνο το οποίο χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση αγρωστώδων, στενόφυλλων και πλατύφυλλων ζιζανίων από καλλιέργειες τομάτας, πατάτας, σόγιας κ.ά. Η χρήση του Metribuzin μπορεί να εφαρμοστεί πριν τη φύτευση (προφυτρωτικό) ή και μετά τη φύτευση (μεταφυτρωτικό), ανάλογα με το τύπο της καλλιέργειας και από τις προυπάρχουσες συνθήκες. Συνήθως το συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο καταπολεμά φυτρωμένα ζιζάνια που βρίσκονται σε νεαρό στάδιο (Ολύμπιος, 2019).

1.9.2 Αντιβιοτικό Σουλφαμεθοξαζόλη (SMX)

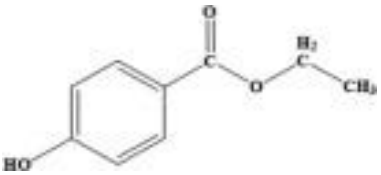
Πρόκειται για αντιβιοτικό που κατατάσσεται στη κατηγορία των σουλφοναμιδίων. Η δράση του έχει την ιδιότητα να αναστέλλει τη σύνθεση της οργανικού φυλλικού οξέος. Το φυλλικό οξύ είναι υπεύθυνο για τη σύνθεση των βάσεων που αποτελούν το μόριο του DNA, και άλλων πρωτεϊνών. Η αναστολή αυτή αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την παραγωγή και τον πολλαπλασιασμό βακτηρίων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το αντιβιοτικό (SMX), χρησιμοποιείται μαζί με τη τριμεθοπίμη, δημιουργώντας έτσι παραπάνω εμπόδια στην ανάπτυξη βακτηρίων. Το SMX λειτουργεί έναντι βακτηριακών λοιμώξεων όπως π.χ. ουροποιητικό σύστημα. Ακόμα, χρησιμοποιείται και για κτηνιατρικούς σκοπούς έναντι λοιμώξεων στα ζώα. Παρόλα αυτά η έντονη χρήση του αντιβιοτικού SMX, μπορεί να αποτελέσει δημόσιο πρόβλημα για την υγεία τόσο ζώων όσο και ανθρώπων. Τα απόβλητα από αντιβιοτικά στα λύματα λιμνών, ποταμών, αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης των υδάτων επηρεάζοντας παράλληλα και διάφορους υδρόβιους οργανισμούς (Frigoli M., et al., 2025).

1.9.3 Αντιδραστήριο Δισφαινόλη S (BPS)

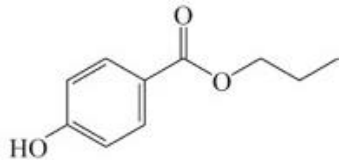
Το BPS ορίζεται ως ένα ενεργό αντιδραστήριο που είναι υπεύθυνο για αρνητικές επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα και στο ανοσοποιητικό. Ακόμα, μελέτες έχουν δείξει πως μπορεί να επηρεάσει δυσλειτουργικά την περιοχή του ήπατος αλλά και να προκαλέσει παχυσαρκία. Αποτελείται από αρκετά παράγωγα που η χημική τους δομή αποτελείται από δύο δακτυλίους φαινόλης που ενώνονται με μια σουλφονική ομάδα. Τα παράγωγα του αντιδραστηρίου BPS έχουν παρουσιαστεί σε προϊόντα χαρτιού και σε διάφορες συσκευασίες τροφίμων αλλά και σε ορισμένα τρόφιμα. Σε περιπτώσεις αυξημένης παραγωγής παραγώγων BPS παρατηρούνται προιόντα τους σε αστικά λύματα, στο έδαφος και στο νερό (Wu N., et al., 2025). Αναφορικά με τη επίδραση των αντιδραστηρίων BPS στα επιφανειακά ύδατα, χαρακτηρίζονται από μέτρια διαλυτότητα, το οποίο προκαλεί μείωση της εξάτμισής του στο νερό και στο έδαφος δημιουργώντας μόλυνση (Grzegorzek M., et al., 2024).

1.9.4 Παραβένια (Parabens)

Τα parabens αποτελούν αντιβακτηριδιακά συντηρητικά που χρησιμοποιούνται σε διάφορα καλλυντικά, προιόντα περιποίησης, φάρμακα ακόμα και σε τρόφιμα. Η χημική τους δομή αποτελείται από εστέρες που περιέχουν μια καρβοξυλομάδα ενωμένη με έναν βενζολικό δακτύλιο. Οπτικά, είναι σκόνη λευκού χρώματος χωρίς κάποιο άρωμα. Τα πιο συχνά parabens που χρησιμοποιούνται είναι τα Ethyl Parabens και τα Propyl Parabens.



Ethyl Paraben



Propyl Paraben

Η δράση των parabens στην ανθρώπινη υγεία προκαλεί διάφορα αποτελέσματα. Η πιο γνωστή δράση τους, σύμφωνα με μελέτες, αποτελεί η δυσλειτουργία διάφορων ορμονών όπως η προγεστερόνη και τα οιστρογόνα. Αξίζει βέβαια να σημειωθεί, πως έπειτα από παρέμβαση της Επιστημονικής Επιτροπής Ασφάλειας Καταναλωτών (SCCS), συστήθηκε η συνολική ποσότητα των Propyl Parabens και των Buthyl Parabens εξίσου, να μην ξεπερνάει το όριο του 0,19 %, καθώς η υπέρβαση μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για τη δημόσια υγεία. Από εντολή της Ε.Ε οι επιτρεπτές συγκεντρώσεις αποτελούν 0,4 % σε έναν μόνο εστέρα και 0,8 % σε συνδυασμό εστέρων (Laor P., et al. , 2025). Η παρουσία των parabens στα υδάτινα οικοσυστήματα αποτελεί σημαντική προϋπόθεση στη μελέτη της μόλυνσης των υδάτων από ρύπους. Συνήθως τα parabens εμφανίζονται σε αποχετεύσεις από διάφορα νοικοκυριά ή ακόμα και σε νερό πισίνας εξαιτίας της ύπαρξης τους σε προσωπικά προιόντα περιποίησης. Ωστόσο, η επεξεργασίες που γίνονται προκειμένου να απομακρυνθούν οι ρύποι δεν είναι επαρκείς, έτσι καταλήγουν σε υπόγεια και επιφανειακά λύματα αυξάνοντας ακόμα περισσότερο το ποσοστό ασθενειών σε ζώντες οργανισμούς (Pereira A.R., et al., 2024).

1.10 Υπερκάθαρο νερό

Το υπερκάθαρο νερό (Ultra-Pure Water), ορίζεται ως ένα τεχνητά καθαρισμένο νερό το οποίο είναι απαλλαγμένο από κάθε μορφής ρύπο (Βακτήρια, αιωρούμενα σωματίδια, οργανική ύλη κ.ά.). Η αφαίρεση των μικροοργανισμών γίνεται σε αρκετά χαμηλά επίπεδα λόγω της αντίστοιχης χαμηλής περιεκτικότητας του νερού σε μικροσωματίδια (Hyunkyung L., et al., 2016). Το υπερκάθαρο νερό (UPW) συνήθως αποτελείται από κάποια ιόντα υδρογόνου H_2 και οξυγόνου O_2 τα οποία αποτελούν απαραίτητα υλικά παρασκευής βιομηχανικών και φαρμακευτικών προιόντων. Η μεθοδολογία υπολογισμού και παρασκευής του υπερκάθαρου νερού βασίζεται στην κινητικότητα των ιόντων με ειδική αντίσταση 18,3 ΜΩ.cm ή αλλιώς 0,0546 μS/cm στους 25^{o}C. Ο βασικότερος σκοπός παραγωγής υπερκάθαρου νερού (UPW) είναι η απομάκρυνση οποιασδήποτε μορφής ρύπου εκτός από τα μόρια που αποτελούν το νερό, ωστόσο πρακτικά αυτή η διαδικασία θεωρείται αδύνατη (Zhang X., et al., 2021)

1.11 Τεχνικές – Μέθοδοι

1.11.1 Φασματοφωτομετρία Απορρόφησης Υπεριώδους – Ορατού (UV-Vis)

Στην φασματοφωτομετρία υπεριώδους – ορατού (UV-Vis), η απορρόφηση ακτινοβολίας στην υπεριώδη περιοχή του φάσματος (ορατή περιοχή), ορίζεται ως συνάρτηση του μήκους κύματος.

Η ορατή ακτινοβολία που είναι αντιληπτή με γυμνό μάτι βρίσκεται από 400 nm έως και 700 nm, ενώ το υπεριώδες φάσμα ανιχνεύεται κάτω από 400 nm (200 nm – 400 nm). Η βάση απορρόφησης της υπεριώδους και της ορατής ακτινοβολίας αποτελούν χημικές ενώσεις.

Το φάσμα UV-Vis αποτελεί ένα γράφημα της απορροφούμενης από την ουσία ακτινοβολίας (κατακόρυφος άξονας) σε συνάρτηση με το μήκος κύματος (οριζόντιος άξονας).

Η εξίσωση της απορρόφησης ορίζεται ως εξής :

$$A = \log (I_0/I)$$

A : Απορρόφηση

I_0 : Η ένταση που εισέρχεται στο δείγμα

I : Η ένταση που εξέρχεται από το δείγμα

Η παραπάνω εξίσωση υποδηλώνει πως όσο μεγαλύτερη είναι η απορροφούμενη ενέργεια, τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο λόγος I_0/I άρα και η απορρόφηση θα είναι μεγαλύτερη. (Loudon M. & Parise J., 2016)

Σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος η απορρόφηση ορίζεται από τον νόμο του Beer – Lambert , όπου δηλώνεται η παρακάτω εξίσωση :

$$A = \varepsilon * I * c$$

ε : Συντελεστής απορρόφησης

I : Μήκος διαδρομής των μορίων

c : Συγκέντρωση ουσίας

1.11.2 pH

Ο δείκτης pH αποτελεί ένα μέτρο που ορίζει τον βαθμό οξύτητας ή αλκαλιλότητας από ένα υδατικό διάλυμα. Ένα διάλυμα μπορεί να χαρακτηριστεί όξινο, αλκαλικό ή ουδέτερο με βάση τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου. Συνήθως όμως οι συγκεντρώσεις αυτές είναι πολύ μικρές, οπότε χρήσιμη εφαρμογή αποτελεί η οξύτητα του pH.

Το pH αποτελείται από μια βασική κλίμακα από 0 έως 14. Στην τιμή pH=7 το διάλυμα ορίζεται ως ουδέτερο σε θερμοκρασία 25°C. Σε τιμές μικρότερες του 7 τα διαλύματα ορίζονται όξινα ενώ εκείνα που βρίσκονται σε τιμές μεγαλύτερες του 7 ορίζονται βασικά ή αλκαλικά. Ο δείκτης pH ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της γραμμομοριακής συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου (H^+) και μπορεί να υπολογιστεί με την παρακάτω εξίσωση (Ebbing, Gammon 2013):

$$pH = -log\,[H+]$$

1.11.3 Το pH στο έδαφος

Σχετικά με την επίδραση του pH στο έδαφος και στην εφαρμογή λιπασμάτων φωσφόρου ή νιτρικών, παίζει σημαντικό ρόλο. Συνήθως τα φωσφορικά λιπάσματα αποτελούνται από διάφορα πετρώματα που επιδρούν σε μεγάλο ποσοστό στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Η προέλευση φωσφόρου από απόβλητα επηρεάζει τα γλυκά νερά.



Εικόνα 1.3 Κλίμακα του pH (Ebbing Gammon 2013)

Η αφομοίωση της λειτουργίας του pH στο φώσφορο και ειδικά στη διαλυτοποίηση του καθίσταται ιδιαίτερη. Η μείωση του pH περίπου στη τιμή 2 χαρακτηρίζεται αποτελεσματική μέθοδος για τη διαλυτότητα του φωσφόρου. Ωστόσο το μεγαλύτερο εύρος των φυτών προτιμούν pH=5,5 – 6,5 για την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων τους και η νιτροποίηση κυμαίνεται σε τιμές pH 7 με 8. Σε περίπτωση που το pH βρίσκεται σε χαμηλότερες τιμές (<7) αφενός βελτιώνεται η διάλυση του φωσφόρου αφετέρου όμως ο βαθμός νιτροποίησης μειώνεται με αποτέλεσμα τα φυτά να προσλαμβάνουν λιγότερα θρεπτικά συστατικά. (Satoru S. Et al., 2024)

1.11.4 Μέτρηση τιμών pH σε διαλύματα

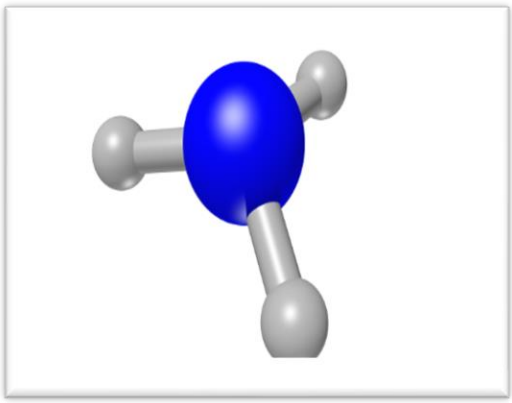
Α) Πεχάμετρο

Το πεχάμετρο είναι ένας αισθητήρας υψηλής ακρίβειας που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της οξύτητας ενός διαλύματος. Υπάρχουν δύο ειδών συσκευές, το κανονικό και το φορητό πεχάμετρο με το δεύτερο να αποτελεί μια πιο εύκολη και οικονομική μέθοδο ανάλυσης. Ακόμα, έχουν αναπτυχθεί βιοαισθητήρες με φορητό πεχάμετρο που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των αλλαγών pH από καταλυτικές αντιδράσεις μεταξύ ενζύμων. (Yiyan X. et al., 2025)

Β) Πεχαμετρικό χαρτί

Το πεχαμετρικό χαρτί είναι μια απλή και χαμηλού κόστους μέθοδος μέτρησης του pH. Πρόκειται για μια χρωματομετρική διαδικασία που βασίζεται σε χρωστικούς δείκτες οι οποίοι προκαλούν αλλαγή του χρώματος σε μια συγκεκριμένη τιμή pH. (Yeong Beom C. et al., 2024)

1.12 Αμμωνία



Εικόνα 1.4 Το μόριο της Αμμωνίας ($NH3^+$) (pixabay.com)

Η αμμωνία ($NH3^+$), θεωρείται μια από τις πιο παραγόμενες χημικές ουσίες. Το 1840 ο Regnault ανακάλυψε τη μέθοδο παρασκευής της αμμωνίας με βασική πηγή το ατμοσφαιρικό άζωτο και το υδρογόνο. Ύστερα, το 1909 ο Haber δημιούργησε μια νέα μέθοδο παρασκευής αμμωνίας από την αντίδραση του ατμοσφαιρικού αζώτου (N_2), με υδρογόνο (H_2) σε συνθήκες υψηλής πίεσης (800 atm) και με τη παρουσία άνθρακα, που συμμετέχει στην απομάκρυνση του οξυγόνου σε μορφή CO_2 και ενός καταλύτη. Εν συνεχεία, με τη συνεργασία του Bosch το 1913 η παραγωγή της αμμωνίας εξελίχθηκε σε βιομηχανικές παραγωγές. (Ασημακόπουλος, 2013)

Η παρασκευή της αμμωνίας, με τη μέθοδο Haber-Bosch, προκύπτει από τη παρακάτω εξίσωση :

$$3H2 \ + \ 1N2 \Leftrightarrow 2NH3 \ με \ \Delta H \ = \ -92 \ kJ \ / \ mol$$

Στις βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, προκειμένου να μετατραπεί το υδρογόνο και το άζωτο σε αμμωνία, χρησιμοποιούνται καταλύτες. Ένας πολύ σημαντικός καταλύτης είναι ο σίδηρος (Fe). Σχεδόν όλοι οι καταλύτες που έχουν ως βάση τον σίδηρο περιλαμβάνουν ηλεκτρονικούς υποκινητές (K_2O), για την αύξηση της δραστικότητας των καταλυτών στη σύνθεση της αμμωνίας αλλά και δομικούς υποκινητές π.χ. (Al_2O_3, MgO, CaO), που συμμετέχουν στη μηχανική, θερμική και χημική σταθερότητα της αμμωνίας. (Keestra H. Et al., 2025)

Η παραγόμενη αμμωνία χρησιμοποιείται κυρίως ως λίπασμα. Παράγεται σε αέρια μορφή και αποτελείται από περίπου 82% N. Το λίπασμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα σε δοχεία υψηλής πίεσης και με τη βοήθεια εγχυτήρων τοποθετείται στο έδαφος, είτε διαλυμένη σε νερό όπου τα διαλύματα αμμωνίας που προκύπτουν περιέχουν 30% αμμωνία και περίπου 24% άζωτο. (Ασημακόπουλος, 2013)

Η αμμωνία σαν χημική ουσία υπάρχει σε συμπυκνωμένες μορφές λυμάτων (άλμη), όπου μπορεί να αποτελέσει αιτία ρύπανσης των υδάτων. Η περιεκτικότητα αμμωνίας στην άλμη δρα ως θρεπτικό συστατικό στα ποτάμια, προκαλώντας έτσι αύξηση των πιθανοτήτων ευτροφισμού. Επίσης, η παραπάνω διαδικασία μειώνει τη παρουσία διαλυμένου οξυγόνου, δημιουργώντας έτσι προβλήματα στα υδάτινα οικοσυστήματα. (Chun Yee T. et al., 2025)

1.12.1 Βασικές μορφές της αμμωνίας

Η αμμωνία ($NH3^+$), μπορεί να δημιουργήσει δύο τύπους αζωτούχων λιπασμάτων :

A) Ουρία ($CO(NH_2)_2$) : Η παραγωγή ουρίας προκύπτει από τη χημική αντίδραση της αμμωνίας με το διοξείδιο του άνθρακα. Η δραστικότητα της ουρίας επηρεάζεται μέγιστα από τη θερμοκρασία και το pH του εδάφους. Ακόμα, η ουρία χαρακτηρίζεται ως λίπασμα που προκαλεί οξίνιση.

B) Θειική αμμωνία $(NH_4)_2SO_4$: Το συγκεκριμένο λίπασμα παράγεται είτε από την αντίδραση του θειικού οξέος με την αμμωνία :

$$2 \ NH3 \ + \ H2SO4 \ => \ (NH4)2SO4$$

Είτε από αντίδραση αέριας αμμωνίας με διοξείδιο του άνθρακα σε αιώρημα θειικού ασβεστίου :

$$2 \ NH3 \ + \ CO2 \ + \ CaSO4 \ + \ H2O \ => \ (NH4)2SO4 \ + \ CaCO3$$

Το ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), είναι αδιάλυτο και απομακρύνεται με τη διήθηση. Η θειική αμμωνία είναι επίσης ένα λίπασμα που προκαλεί οξίνιση στο έδαφος. Εφαρμόζεται επιφανειακά στα εδάφη, κατά προτίμηση με αρκετή υγρασία. (Ασημακόπουλος, 2013)

Στην αμμωνία που παράγεται υπάρχουν και ιόντα, τα οποία αντιδρούν με το νερό και ενυδατώνονται. Από αυτή την ενυδάτωση προκύπτουν τα αμμωνιακά ($NH4^+$) ιόντα. Η επίδραση των ιόντων αμμωνίου στο νερό θεωρείται σημαντική, αφού οι αυξημένες ποσότητες αμμωνίου προκαλούν ευτροφισμό στα ύδατα. Πηγές έκθεσης αμμωνιακών χαρακτηρίζονται ορισμένα γεωργικά απόβλητα, υπολείμματα από βιομηχανικά λιπάσματα κ.ά. (Currie L. et al., 2024)

1.12.2 Πρωτόκολλο για τη φασματοφωτομετρική παρατήρηση αμμωνιακών (HACH LANGE)

Στη διάρκεια των πειραματικών διαδικασιών στον εργαστηριακό χώρο, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την εύρεση συγκεντρώσεων από αμμωνιακά σε διάφορα διαλύματα. Η διαδικασίες εκτελέστηκαν με τη χρήση του φασματοφωτόμετρου DR 3900 από την εταιρεία HACH LANGE. Ακόμα, περιλαμβάνονται φιαλίδια με τα αντίστοιχα αντιδραστήρια για την επίτευξη των μετρήσεων.

Εν συνεχεία αναφέρονται κάποιες πληροφορίες από τις συσκευασίες των αντιδραστηρίων της HACH LANGE.

Όνομα μεθόδου : Κυανό της ινδοφαινόλης

- Εύρος μετρήσεων : 0.015-2.0 mg/L για NH_4-N ή 0.02-2.5 mg/L για NH_4
- Πεδίο εφαρμογής : Επιφανειακά νερά, υγρά απόβλητα, πόσιμο νερό και νερό πισίνας.
- Διατήρηση των αντιδραστηρίων (ψυγείο) : 2 – 8 ^oC (35-46 ^oF)
- pH του δείγματος : 4 – 9
- Θερμοκρασία του δείγματος/φιαλιδίου του δείγματος : 20^oC (68 ^oF)
- Κατηγορία των αντιδραστηρίων : LCK
- Η παραπάνω μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των αμμωνιακών ιόντων σε pH 12,6 με τα ιόντα υποχλωριωδών και τα ιόντα σαλικυλικών παρουσία sodium nitroprusside ως καταλύτη για τη δημιουργία κυανού της ινδοφαινόλης (indophenol blue)

Για το πρωτόκολλο της μέτρησης LCK304 Αμμωνιακό Άζωτο, ισχύουν τα παρακάτω :

1. Προσεκτική αφαίρεση του ελάσματος από το βιδωμένο Donica Zip.
2. Ξεβίδωμα του DosiCap Zip.
3. Χορήγηση με την πιπέτα 5.0 mL δείγματος στο φιαλίδιο.
4. Άμεσο βίδωμα του DosiCap Zip με την αυλάκωση στραμμένη προς στα επάνω.
5. Καλή ανακίνηση του φιαλιδίου.
6. Ύστερα από χρονομέτρηση 15 λεπτών, πραγματοποιείται σχολαστικός καθαρισμός της εξωτερικής επιφάνειας του φιαλιδίου.
7. Τοποθέτηση του φιαλιδίου στο φασματοφωτόμετρο για μέτρηση.
8. Επιλέγουμε και ακολουθούμε τη προτεινόμενη μέθοδο.
9. Σε περίπτωση παρουσίας περίσσειας αμμωνιακών μπορούν να πραγματοποιηθούν αραιώσεις για μεγαλύτερη ορθότητα στα αποτελέσματα.

1.13 Νιτρικά – Νιτρώδη

1.13.1 Τι είναι τα νιτρικά

Τα νιτρικά είναι ανιόντα και έχουν χαρακτηριστικό το χημικό τύπο NO_3^-. Αποτελούν πηγή ενέργειας για διάφορα βακτήρια και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και το pH. Τα αμμωνιακά συνήθως προέρχονται από υπολείμματα ζωοτροφών ή και λιπασμάτων που βασικό τους στοιχείο είναι το αμμώνιο ή η ουρία. Ωστόσο, οποιαδήποτε και αν είναι η πηγή προέλευσης των αμμωνιακών, μέσω της δράσης των βακτηρίων, το NH_4^+ μπορεί να μετατραπεί σε NO_3^-. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται σε 2 στάδια. Πρωτίστως το αμμώνιο οξειδώνεται και μετατρέπεται σε νιτρώδες NO_2^- με τη βοήθεια βακτηρίων που χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) για πηγή ενέργειας. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται νιτροποίηση. Ύστερα από το στάδιο της νιτροποίησης, τα νιτρώδη NO_2^- γίνονται νιτρικά NO_3^- μέσω βακτηρίων που λέγονται Nitrobacter. Αυτά τα βακτήρια έχουν την ιδιότητα να παίρνουν ενέργεια από την οξείδωση των νιτρικών. Επειδή τα νιτρώδη μπορούν να αποτελέσουν απειλή τοξικότητας για τις καλλιέργειες πρέπει να μετατραπούν άμεσα σε νιτρικά. (Θεριός, 2021)

Τα νιτρικά NO_3^- αποτελούν γενικά την πιο κυρίαρχη μορφή του N που είναι σε διαθεσιμότητα στα φυτά και στο έδαφος. Οι μορφές νιτρικών που δεν αφομοιώνονται στα φυτά και είναι σε περίσσεια, χαρακτηρίζονται ευαίσθητα σε

απορροές και στη νιτροποίηση. Ακόμα, τα νιτρικά που προέρχονται από απορρίψεις λυμάτων ή γεωργικών αποβλήτων αποτελούν κίνδυνο για τα ύδατα καθώς οι έντονες ποσότητες νιτρικών προκαλούν ευτροφισμό με παράλληλη ελάττωση του οξυγόνου. Επιπροσθέτως, οι συγκεντρώσεις νιτρικών απειλούν τη δημόσια υγεία προκαλώντας ασθένειες όπως για παράδειγμα η βρεφική μεθαιμοσφαιριναιμία ή σύνδρομο του μπλε μωρού. (Ansari S. et al., 2025)

1.13.2 Πρωτόκολλο για τη φασματοφωτομετρική παρατήρηση νιτρικών (HACH LANGE)

Όνομα μεθόδου: 2,6 – διμεθυλοφαινόλη

- Εύρος μετρήσεων : 0.23 – 13.50 mg/L για NO_3-N ή 1-60 mg/L για NO_3
- Πεδίο εφαρμογής : υγρά απόβλητα, πόσιμο νερό, ακατέργαστο νερό, επιφανειακά νερά, εδάφη, υποστρώματα, διαλύματα θρεπτικών ουσιών.
- Διατήρηση των αντιδραστηρίων (στο ψυγείο) : 15 – 25 ^oC (59 – 77 ^oF)
- pH του δείγματος : 3-10
- Θερμοκρασία του δείγματος νερού/αντιδραστηρίων : 20 – 24 ^oC (68 – 75^oF)
- Κατηγορία αντιδραστηρίων : LCK
- Η παραπάνω μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των θειικών και φωσφορικών οξέων με τη 2,6 – διμεθυφαινόλη που σχηματίζουν 4-νιτρο-2,6-διμεθυφαινόλη.

Για το πρωτόκολλο της μέτρησης LCK339 Νιτρικά, ισχύουν τα παρακάτω :

1. Ξεβίδωμα του DosiCap Zip
2. Χορήγηση με τη πιπέτα 1.0 mL του δείγματος στο φιαλίδιο.
3. Χορήγηση με τη πιπέτα 0.2 mL του αντιδραστηρίου Α.
4. Κλείσιμο του φιαλιδίου και καλή ανακίνησή του.
5. Χρονομέτρηση για 15 λεπτά και σχολαστικός καθαρισμός της εξωτερικής επιφάνειας του φιαλιδίου.
6. Τοποθέτηση του φιαλιδίου στο φασματοφωτόμετρο για μέτρηση.
7. Επιλέγουμε και ακολουθούμε τη προτεινόμενη μέθοδο.

1.14 Τι είναι τα νιτρώδη

Τα νιτρώδη είναι ιόντα που χαρακτηρίζονται από το χημικό τύπο NO_2^- και διαδραματίζουν ιδιαίτερο ρόλο στο κύκλο του N. Σχηματίζονται από την αναγωγή των νιτρικών NO_3^- .Τα νιτρώδη βρίσκονται σε γενική αφθονία σε διάφορα συντηρητικά, τρόφιμα και λιπάσματα. Ωστόσο, τα νιτρώδη ιόντα μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Η πιο συνηθής επίδραση που έχουν τα νιτρώδη ιόντα στην υγεία, είναι η ανάπτυξη χρωστικών στο αίμα οι οποίες παράγουν μετα-αιμοσφαιρίνη. Η παραγωγή της προκαλεί έλλειψη οξυγόνου στο αίμα καθώς και στους ιστούς με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται η ασθένεια του “μπλε μωρού”. (Chinnappan P. et al., 2025)

Η επίδραση των νιτρωδών στα ύδατα παίζει ιδιαίτερο ρόλο. Η συγκέντρωση τους μπορεί να είναι απειλητική σε διάφορους τύπους υδάτων όπως επιφανειακά νερά, πόσιμο νερό, ποτάμια κ.ά. Οι απορροές από γεωργικά λιπάσματα ή απόβλητα, αποτελεί τη πιο σημαντική πηγή μολύνσεων των φυσικών υδάτων από νιτρώδη. Ακόμα, τα νιτρώδη μπορούν να λειτουργήσουν ως δείκτες σε συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, διεργασία που κρίνεται απαραίτητη για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των νιτρωδών. Όσο πιο υψηλές είναι οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών τόσο περισσότερο επηρεάζεται η διαδικασία της νιτροποίησης. (Latvyte E. et al., 2024)

1.14.1 Πρωτόκολλο για φασματοφωτομετρική παρατήρηση νιτρωδών NO_2^- (HACH LANGE)

Όνομα μεθόδου : Διαζωνιακά άλατα

- Εύρος μετρήσεων : 0.015 – 0.6 mg/L για NO_2^- - N ή 0.05 – 2.0 mg/L NO_2^-
- Πεδίο εφαρμογής : Υγρά απόβλητα, πόσιμο νερό, επιτραπέζιο νερό, επιφανειακά νερά και μεταλλικά νερά.
- Διατήρηση των αντιδραστηρίων (ψυγείο) : 15 – 25 ^oC (59 – 77 ^oF)
- pH του δείγματος : 3 – 10
- Θερμοκρασία του δείγματος νερού/φιαλιδίων : 15 – 25 ^oC (59 – 77 ^oF)
- Κατηγορία αντιδραστηρίων : LCK
- Η παραπάνω μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των νιτρωδών με πρωτογενείς αρωματικές αμίνες σε όξινο διάλυμα και σχηματίζουν διαζωνιακά άλατα. Αυτά ενώνονται με αρωματικές ενώσεις που περιέχουν μια αμινομάδα ή μια υδροξιλομάδα και σχηματίζουν αζο – χρωστικές.

Για το πρωτόκολλο της μέτρησης LCK341 Νιτρώδη, ισχύουν τα παρακάτω :

1. Αφαίρεση του ελάσματος από το καπάκι DosiCap Zip
2. Ξεβίδωμα του καπακιού DosiCap Zip.
3. Χορήγηση με τη πιπέτα 2.0 mL του δείγματος στο φιαλίδιο.
4. Άμεσο βίδωμα του DosiCap Zip με την αυλάκωση στραμμένη προς τα επάνω.
5. Καλή ανακίνηση του φιαλιδίου.
6. Χρονομέτρηση για 10 λεπτά και σχολαστικός καθαρισμός της εξωτερικής επιφάνειας του φιαλιδίου.
7. Τοποθέτηση του φιαλιδίου στο φασματοφωτόμετρο για μέτρηση.
8. Επιλέγουμε και ακολουθούμε τη προτεινόμενη μέθοδο.

1.15 Φώσφορος (P)

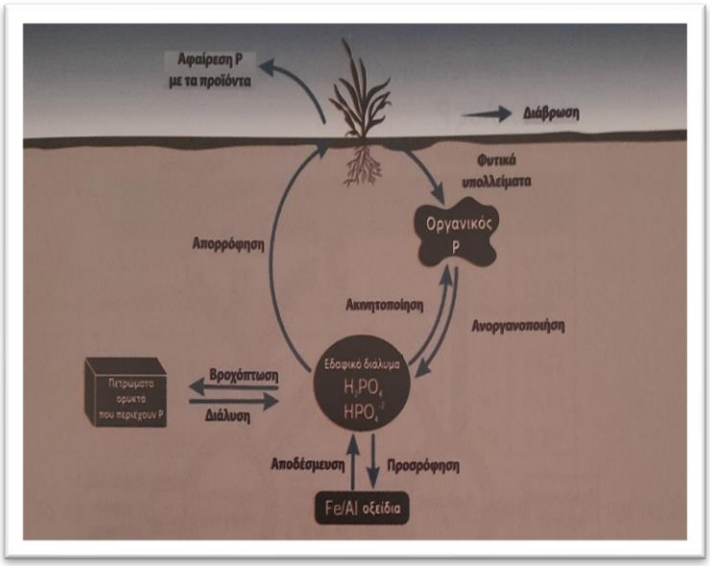
1.15.1 Τι είναι ο φώσφορος

Ο φώσφορος ορίζεται ως χημικό στοιχείο με ατομικό αριθμό 15 και χαρακτηριστικό σύμβολο (P). Ο φώσφορος που βρίσκεται σε διαθεσιμότητα στο έδαφος παρατηρείται σε 2 βασικές μορφές είτε ενσωματωμένος σε οργανικές ουσίες είτε σε ανόργανες μορφές. Συνήθως ο φώσφορος βρίσκεται σε ορυκτά με ασβέστιο (Ca) ,με σίδηρο (Fe) ή με μαγγάνιο (Mn). Ο φώσφορος ως στοιχείο χαρακτηρίζεται ως ένα βασικό συστατικό ενώσεων που παίρνουν μέρος σε πολλές διαδικασίες των φυτών. Ακόμα ο φώσφορος αποτελεί στοιχείο του DNA καθώς και του RNA πολλών ζωντανών οργανισμών (Θεριός, 2021).

1.15.2 Ο φώσφορος στο έδαφος

Στο έδαφος ο φώσφορος δεν έχει έντονη κινητικότητα, εξαιτίας της ισχυρής προσρόφησης. Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου στο έδαφος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, χαρακτηριστικοί ωστόσο αποτελούν τα ορυκτά αργίλου, το χρονικό διάστημα επαφής το φωσφόρου με το έδαφος, το pH (5-7) αλλά και η παρουσία οργανικής ουσίας. Τα ορυκτά αργίλου στηρίζονται επίσης στις καιρικές συνθήκες (βροχόπτωση) και στη θερμοκρασία του εδάφους. Όσον αφορά τη συγκέντρωση οργανικής ουσίας, η εμφάνιση της προκαλεί αύξηση του φωσφόρου (P) εξαιτίας της δημιουργίας CO_2 και H_2CO_3 τα οποία αντίστοιχα μειώνουν τη δράση του pH. Ο οργανικός φώσφορος (P), εμφανίζεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στην επιφάνεια του εδάφους (Θεριός, 2021).

Αντίθετα, στα φυτά μετακινείται με σχετική ευκολία ιδιαίτερα στα σημεία του φυτού που συμβαίνει η φωτοσύνθεση. Απώλειες φωσφόρου στα φυτά προκαλούν κιτρίνισμα και πτώση των φύλλων καθώς και σχηματισμό κηλίδων σε διάφορα ετήσια φυτά. Σε περίπτωση που οι συγκεντρώσεις φωσφόρου είναι αρκετά υψηλές, προκαλείται μείωση απορρόφησης στοιχείων που παίζουν ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών. (Ασημακόπουλος, 2013)



Εικόνα 1.5 Ο κύκλος του φωσφόρου (P) (Θεριός, 2021)

1.15.3 Φωσφορικά (PO_4^{3-})

Τα φωσφορικά είναι άλατα τα οποία στη χημεία ανιχνεύονται με βάση το χημικό τύπο PO_4^{3-}. Η χρήση τους είναι ευρέως γνωστή σε βιομηχανικές διεργασίες καθώς και σε γεωργικές πρακτικές. Αποτελούν πρόσθετα στοιχεία διαφόρων λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων καθώς και καθαριστικών. Ωστόσο, η έντονη χρήση των φωσφορικών μπορεί να οδηγήσει σε απεριόριστη απέκκρισή τους στα υδάτινα περιβάλλοντα. Η αυξημένη ποσότητα φωσφορικών αλάτων προκαλεί συνεχή υποβάθμιση των υδάτων αλλά και φαινόμενα ευτροφισμού, δημιουργώντας προβλήματα τόσο στη ποιότητα του νερού όσο και στους υδρόβιους οργανισμούς. (Obayomi K. S. et al., 2025) Η μόλυνση των υδάτων από φωσφορικά εξαρτάται από τη κυρίαρχη μορφή του φωσφόρου μέσα στο νερό. Υπάρχουν 2 μορφές :

Α) Φώσφορος που έχει διαλυθεί : Ο διαλυμένος φώσφορος προκύπτει από λιπάσματα που δεν εφαρμόζονται ή από κτηνοτροφικά προιόντα. Οι κτηνοτροφικές τροφές περιέχουν υψηλά ποσοστά οργανικού αλλά και ανόργανου φωσφόρου.

Β) Φώσφορος σε εδαφικά τεμαχίδια : Οι αυξημένες καλλιεργητικές διεργασίες επηρεάζουν την επιφάνεια του εδάφους και προκαλούν διάβρωση. Τα τεμαχίδια του εδάφους συρρικνώνονται και ο ενσωματωμένος φώσφορος μεταφέρεται με τα νερά (Ασημακόπουλος, 2013).

1.15.4 Πρωτόκολλο για φασματοφωτομετρική παρατήρηση των φωσφορικών PO_4 (HACK LANGE)

Ονομασία μεθόδου : Κυανό του φωσφομολυβδαινίου

- Εύρος μετρήσεων : 0.05 – 1.50 mg/L για PO_4-P ή 0.15 – 4.50 mg/L για PO_4 ή 0.15 – 3.50 mg/L για P_2O_5.
- Πεδίο εφαρμογής : Υγρά απόβλητα, πόσιμο νερό, νερό λεβήτων, επιφανειακά ύδατα, ανάλυση διεργασίας.
- Διατήρηση των αντιδραστηρίων (ψυγείο) : 15 – 25 ^oC (59 – 77 ^oF)
- pH του δείγματος : 2 – 10
- Θερμοκρασία δείγματος νερού/αντιδραστηρίων : 15 – 25 ^oC (59 – 77 ^oF)
- Κατηγορία αντιδραστηρίων : LCK
- Η παραπάνω μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των φωσφορικών ιόντων με τα ιόντα μολυβδαινίου και τα ιόντα αντιμονίου σε όξινο διάλυμα και σχηματίζουν ένα σύμπλοκο ανιμόνι-φωσφομολυβδαινίου, που ανάγεται από το ασκορβικό οξύ σε κυανό του φωσφομολυβδαινίου.

Για το πρωτόκολλο της μέτρησης LCK349 Ολικός φώσφορος/ Ορθοφωσφορικά, ισχύουν τα παρακάτω :

1. Προσεκτική αφαίρεση του ελάσματος από το καπάκι DosiCap Zip.

2. Ξεβίδωμα του DosiCap Zip.

3. Χορήγηση με τη πιπέτα 2.0 mL του δείγματος στο φιαλίδιο.

4. Χορήγηση με τη πιπέτα 0.2 mL του αντιδραστηρίου Β στο φιαλίδιο.

5. Άμεσο βίδωμα του φιαλιδίου με νέο DosiCap C.

6. Καλή ανακίνηση του φιαλιδίου

7. Χρονομέτρηση για 10 λεπτά και σχολαστικός καθαρισμός της εξωτερικής επιφάνειας του φιαλιδίου.

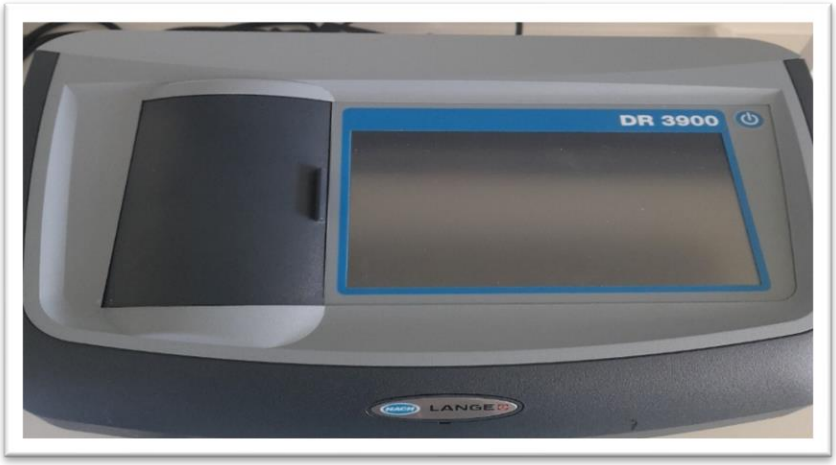
8. Επιλέγουμε και ακολουθούμε τη προτεινόμενη μέθοδο.

Κεφάλαιο 2 Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Υλικά πειράματος

2.1.1 Υλικά πειραμάτων φασματοφωτομετρικών αναλύσεων αμμωνιακών, νιτρικών, νιτρωδών και φωσφορικών ιόντων :

Οι συγκεκριμένες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο φασματοφωτόμετρο της HACH LANGE DR3900, το οποίο διαθέτει έτοιμα πρωτόκολλα σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια. Ακόμα βασική χρήση αποτέλεσε η πιπέτα 100-1000 μl για τη χορήγηση των δειγμάτων που απαιτούνταν για τις μετρήσεις. Στην εικόνα 2.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται το φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 2.1 Φασματοφωτόμετρο HACH LANGE DR3900

2.1.2 Υλικά εκτίμησης προσροφητικής ιδιότητας στα παραβένια

1. Ποτηράκια ζέσεως 50 mL
2. Σπάτουλα
3. Ζυγός
4. Πιπέτα 1000 – 5000 μl
5. Γυάλινο χωνί
6. Δισκία ζύγισης
7. Πάραφιλμ
8. Διηθητικό χαρτί
9. Υδροβολέας με υπερκάθαρο νερό
10. Τριβλία

2.1.3 Υλικά παρασκευής πρότυπων διαλυμάτων

1. Ποτήρια ζέσεως 50 mL
2. Υδροβολέας με υπερκάθαρο νερό
3. Πιπέτα 1000 – 5000 μl
4. Ογκομετρική φιάλη 100 mL
5. Ταμπελάκια
6. Parafilm



Εικόνα 2.2 Συσκευή Υπερκάθαρου νερού (TKA smart2Pure)

2.1.4 Βιοεξανθράκωμα Πυρήνα ελιάς

Στο πρωταρχικό στάδιο, ο πυρήνας τεμαχίστηκε σε μικρά τμήματα και υποβλήθηκε σε επανειλημμένες πλύσεις με υπερκάθαρο νερό, προκειμένου να απομακρυνθούν τυχόν προσμίξεις και επιφανειακές ακαθαρσίες. Στη συνέχεια ο τεμαχισμένος φλοιός παρέμεινε σε φούρνο για 24hr στους 100 oC με σκοπό την πλήρη απομάκρυνση της υγρασίας. Το τελικό στάδιο περιλάμβανε την πυρόλυση του ξηρού πυρήνα σε θερμοκρασίες θ=400^{o}C και θ=600^{o}C σε κατάλληλο κλίβανο υπό ελεγχόμενες συνθήκες για 3hr, ώστε να παραχθούν βιοεξανθρακώματα με διαφορετική θερμοκρασία πυρόλυσης.

2.2 Μεθοδολογία πειραμάτων

2.2.1 Μεθοδολογία προσδιορισμού προσροφητικής ικανότητας σε πρότυπα διαλύματα SMX με Ελιά σε πυρόλυση 400^{o}C

Σε αυτά τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν αραιώσεις με βάση την χημική εξίσωση C1 * V1 = C2 * V2 σε αντιβιοτικό Σουλφαμεθοξαζόλη (SMX) χρησιμοποιώντας υπερκάθαρο νερό (UPW). Οι αραιώσεις έγιναν σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις 5 mg/L, 2,5 mg/L και 1 mg/L. Για την διαδικασία της προσρόφησης, το υλικό που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα είναι βιοεξανθράκωμα από πυρήνα ελιάς που έχει υποστεί πυρόλυση στους 400^{o}C με επιθυμητή μάζα 0,5 gr ανά 10mL διαλύματος. Οι ξηρές μάζες της ελιάς 400^{o}C μετριόνται στο ζυγό τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων και ύστερα τοποθετούνται μαζί με τα πρότυπα διαλύματα SMX σε ποτηράκια ζέσεως των 50 mL και καλύπτονται με πάραφιλμ. Τα προσροφούμενα διαλύματα διατηρούνται για 24 ώρες. Στο τέλος του χρονικού διαστήματος, πραγματοποιείται διήθηση με ποτήρια ζέσεως των 50 mL, διηθητικά χαρτάκια και γυάλινα χωνιά, διαχωρίζοντας τη στερεή από την υγρή φάση. Τα νωπά υδροπηκτώματα της ελιάς ζυγίζονται στο ζυγό τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων και τοποθετούνται σε τριβλία για αποξήρανση. Η υγρή φάση μετριέται στο Φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους-Ορατού UV1900i, όπου ανιχνεύεται το ποσοστό απομάκρυνσης του ρύπου. Τέλος τα διαλύματα χορηγούνται σε Eppendorf για διατήρηση στο ψυγείο. Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται το Φασματοφωτόμετρο UV-Vis.



Εικόνα 2.3 Φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους-Ορατού UV1900i

2.2.2 Μεθοδολογία προσδιορισμού προσροφητικής ικανότητας σε πρότυπα διαλύματα BPS με Κουκούτσια ελιάς BMOS σε πυρόλυση 600^{o}C

Η διαδικασία μελέτης των συγκεκριμένων ιδιοτήτων προσρόφησης είναι παρόμοια με αυτή του αντιβιοτικού SMX με προσροφητικό υλικό την Ελιά σε πυρόλυση 400^{o}C. Σε αυτή τη περίπτωση ως ρύπος χρησιμοποιήθηκε το αντιδραστήριο Δισφαινόλη S (BPS) και ως προσροφητικό υλικό, βιοεξανθράκωμα από ελιά σε πυρόλυση 600^{o}C. Η διαδικασία των αραιώσεων θα πραγματοποιούνταν σε τέσσερις διαφορετικές συγκεντρώσεις 5 mg/L, 2,5 mg/L, 1,25 mg/L και 0,5 mg/L. Όμως λόγω μη επαρκούς ποσότητας από το παραπάνω υλικό, τα πειράματα έγιναν με τρεις συγκεντρώσεις 0,5

mg/L, 1,25 mg/L και 2,5 mg/L. Η επιθυμητή μάζα που ζυγίστηκε το προσροφητικό υλικό ήταν 0,5 gr ανά 10mL διαλύματος. Η χρονική παραμονή των πειραμάτων για τα αποτελέσματα των προσροφήσεων ήταν 24 ώρες. Με τη βοήθεια πιπέτας 1000-5000 μL, ποτηριών ζέσεως 50mL, διηθητικών χαρτιών και γυάλινων χωνιών, πραγματοποιήθηκαν οι διηθήσεις και στη συνέχεια ακολούθησαν μετρήσεις.

2.2.3 Μεθοδολογία προσδιορισμού προσροφητικής ικανότητας σε πρότυπα διαλύματα Metribuzin με χημικά υδροπηκτώματα Α4 και Α17

Η μελέτη των συγκεκριμένων πειραμάτων δεν διαφέρει από τις παραπάνω διαδικασίες που προηγήθηκαν. Στη παρούσα μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε ως ρύπος το ζιζανιοκτόνο Metribuzin και ως προσροφητικό υλικά, χημικά υδροπηκτώματα από τον φούρνο με κωδικές ονομασίες Α4 και Α17 με ξηρή μάζα 0,1gr ανά 10mL διαλύματος. Οι αραιώσεις πραγματοποιήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές συγκεντρώσεις 5 mg/L, 2,5 mg/L, 1,25 mg/L και 0,5 mg/L για κάθε υδροπήκτωμα. Οι προσροφήσεις έγιναν με την βοήθεια πιπέτας 1000-5000 μL, ποτηριών ζέσεως 50 mL, ζυγού τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων για καταγραφή ξηρών μαζών στα υδροπηκτώματα και πάραφιλμ για κάλυψη των ποτηριών ζέσεως για χρονικό όριο 24 ωρών. Ύστερα ακολούθησαν οι διηθήσεις, η καταγραφή νωπών μαζών από τα υδροπηκτώματα, η τοποθέτηση τους σε τριβλία για αποξήρανση, η μέτρηση των υγρών φάσεων στο Φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους-Ορατού και η συντήρηση των διαλυμάτων στο ψυγείο χορηγούμενα σε Eppendorf.

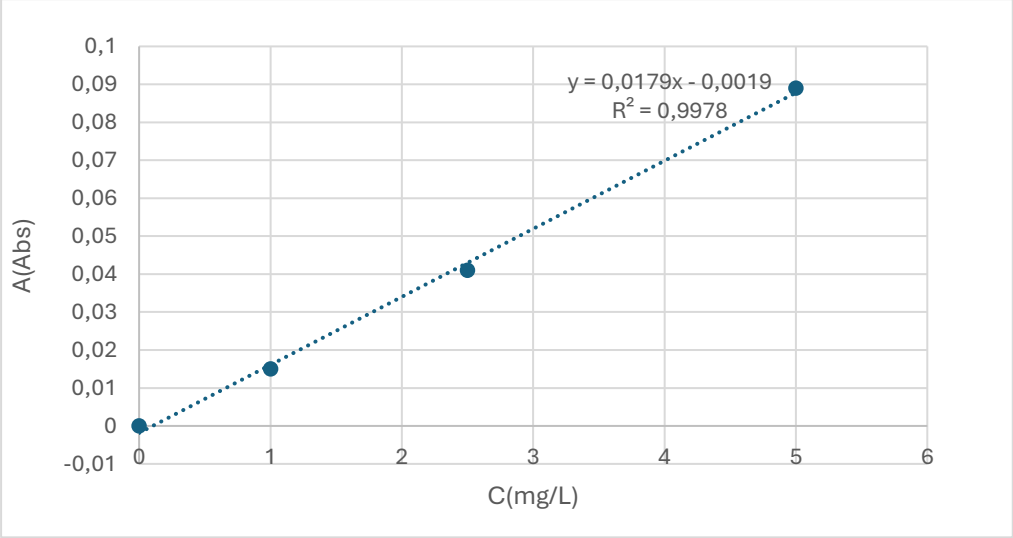
2.2.4 Μεθοδολογία προσδιορισμού προσροφητικής ικανότητας χημικών υδροπηκτωμάτων σε πρότυπα διαλύματα Parabens.

Για τα συγκεκριμένα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν υδροπηκτώματα με κωδικές ονομασίες Α12, Α20 και Α24 με παραβένια και πιο ειδικά τα Ethyl Parabens. Τα υδροπηκτώματα διαχωρίστηκαν και ζυγίστηκαν στον ζυγό σε δισκία με χρήση σπάτουλας, με προτεινόμενο βάρος περίπου 0,5 gr ανά 10mL διαλύματος. Τα παραβένια (Ethyl Parabens) πέρασαν από διαδικασία αραίωσης C1*V1 = C2*V2. Οι προσροφήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις 5 mg/L, 2,5 mg/L και 1 mg/L για κάθε υδροπήκτωμα που χρησιμοποιήθηκε με τη βοήθεια πιπέτας 1000-5000 μl και ποτηριών ζέσεως 50 mL. Ακολούθως τα ζυγισμένα υδροπηκτώματα τοποθετούνται σε 9 ποτήρια ζέσεως των 50 mL με τα parabens. Τα προσροφούμενα διαλύματα διατηρούνται περίπου για 24 ώρες καλυμμένα με parafilm. Στο τέλος του αναφερόμενου χρονικού διαστήματος εκτελούμε διήθηση με ποτήρια ζέσεως, διηθητικά χαρτάκια και γυάλινα χωνιά, διαχωρίζοντας την στερεή από την υγρή φάση. Τα νωπά υδροπηκτώματα ζυγίζονται στον ζυγό και αφού καταγραφούν οι νωπές μάζες των υδροπηκτωμάτων, τοποθετούνται σε τριβλία με για αποξήρανση. Μετά την αποξήρανση οι υγρές φάσεις μετριούνται στο φασματοφωτόμετρο Υπεριώδους-Ορατού UV1900i σε κιβέτες.

Κεφάλαιο 3 Αποτελέσματα

3.1 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας της Ελιάς σε πυρόλυση 400°C σε υδάτινα συστήματα : περίπτωση χημικής ουσίας SMX

- Αρχικά κατασκευάστηκε η καμπύλη βαθμονόμησης με εύρος συγκεντρώσεων 5mg/L, 2,5mg/L, 1mg/L με φασματοφωτομετρία UV-Vis σε μήκος κύματος 260 nm για το αντιβιοτικό SMX. Η καμπύλη βαθμονόμησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Μελετώμενη προσροφητική ουσία : Ελιά 400°C

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι ξηρές μάζες από την Ελιά 400°C σε ζυγό τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων :

Προσροφητικό υλικό	Ξηρή μάζα (W1)
Ελιά 400°C	0,5022 gr
Ελιά 400°C	0,5006 gr
Ελιά 400°C	0,4923 gr

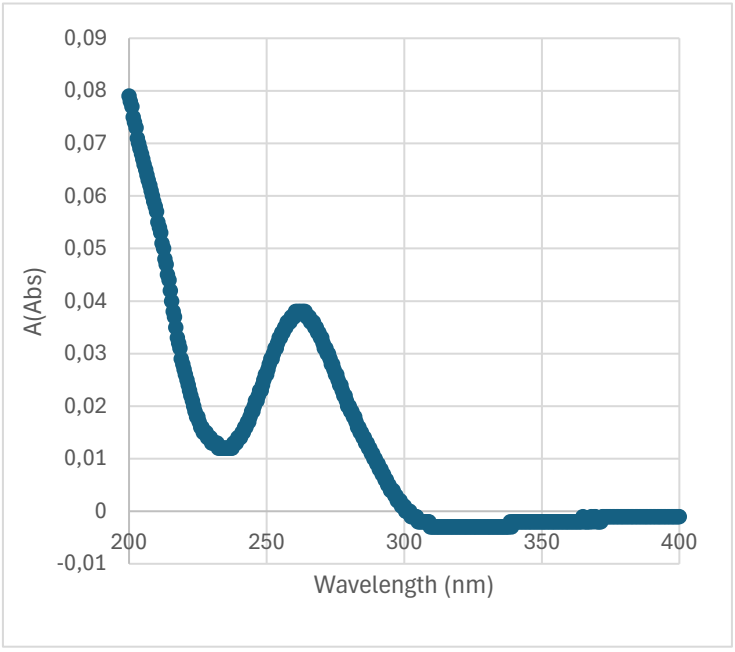
- Τα αποτελέσματα της μελέτης της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για την Ελιά 400^{o}C σε τρεις συγκεντρώσεις SMX (5, 2,5, 1 mg/L).

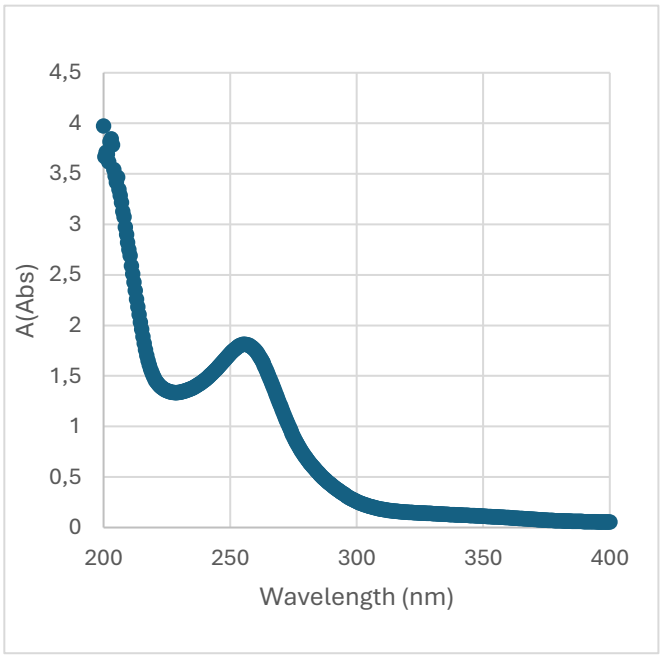
Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (A)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (A)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
5,0	0,086	0,14	7,78	0
2,5	0,037	0,003	0,01	93
1,0	0,012	0,010	0,68	17

R = (C1-C2)/C1 * 100%

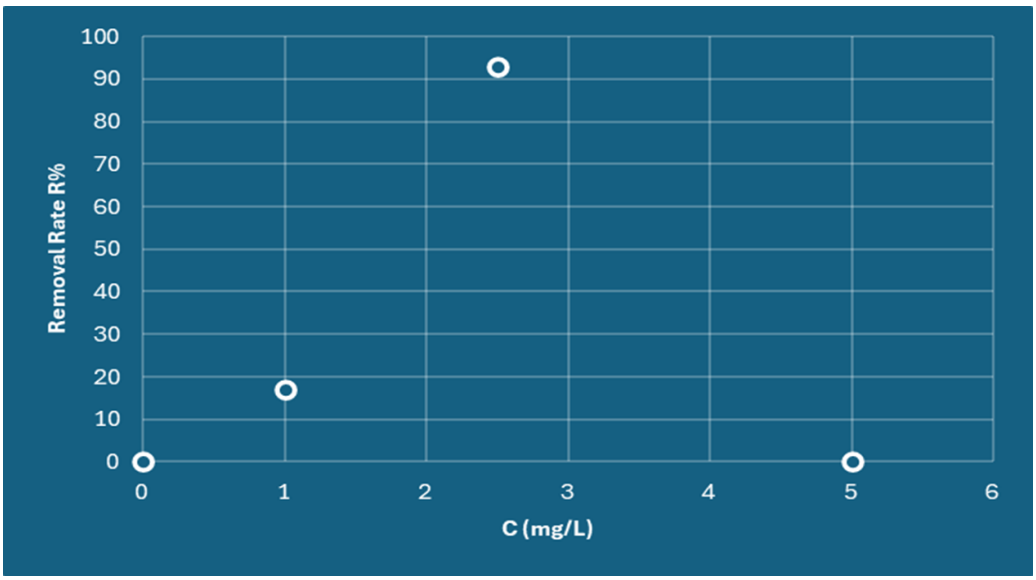
Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 2,5mg/Lπριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν :

Φάσμα απορρόφησης πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού (2,5 mg/L)





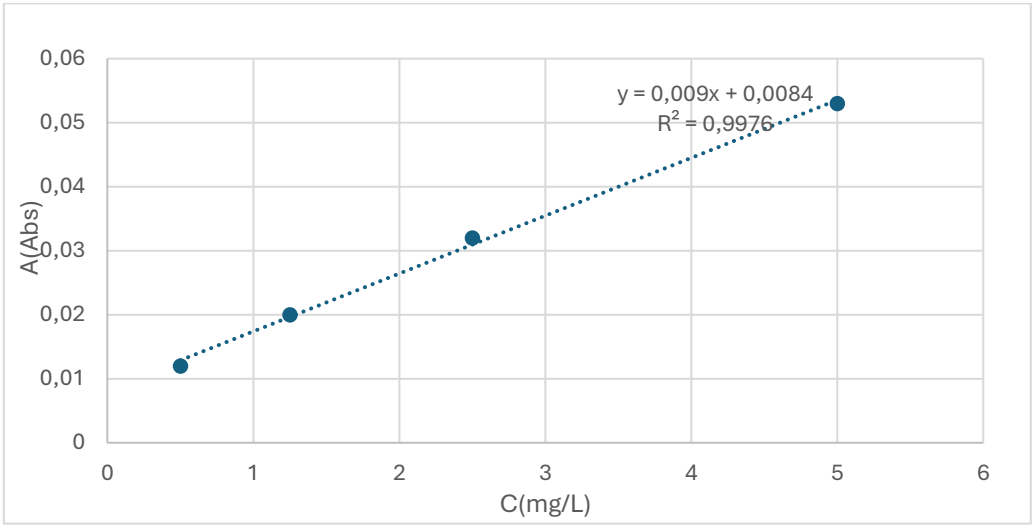
Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το αντιβιοτικό SMX το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί



Από το Σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι δε μπορεί να προσδιοριστεί απόλυτα αν οι σε όλες τις περιπτώσεις το ποσοστό απομάκρυνσης του ρύπου καθώς καταγράφονται υψηλές τιμές απορρόφησης προερχόμενες από υπόλειμμα του προσροφητικού υλικού. Η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) αποτελεί έναν καλύτερο τρόπο ακριβούς καταγραφής του ποσοστού απομάκρυνσης του ρύπου.

3.2 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας των Biochar σε υδάτινα συστήματα: περίπτωση χημικής ουσίας BPS

- Αρχικά κατασκευάστηκε η καμπύλη βαθμονόμησης με εύρος συγκεντρώσεων 5, 2,5, 1,25, 0,5 mg/L με φασματοφωτομετρία UV-Vis σε μήκος κύματος 260 nm για το συντηρητικό BPS. Η καμπύλη βαθμονόμησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



Μελετώμενα προσροφητικά υλικά: Κουκούτσια ελιάς BMOS 600 °C

Προσροφητικό υλικό	Ξηρή μάζα (W1)
Κουκούτσια ελιάς BMOS 600 °C	0,5 gr
Κουκούτσια ελιάς BMOS 600 °C	0,5012 gr
Κουκούτσια ελιάς BMOS 600 °C	0,4366 gr

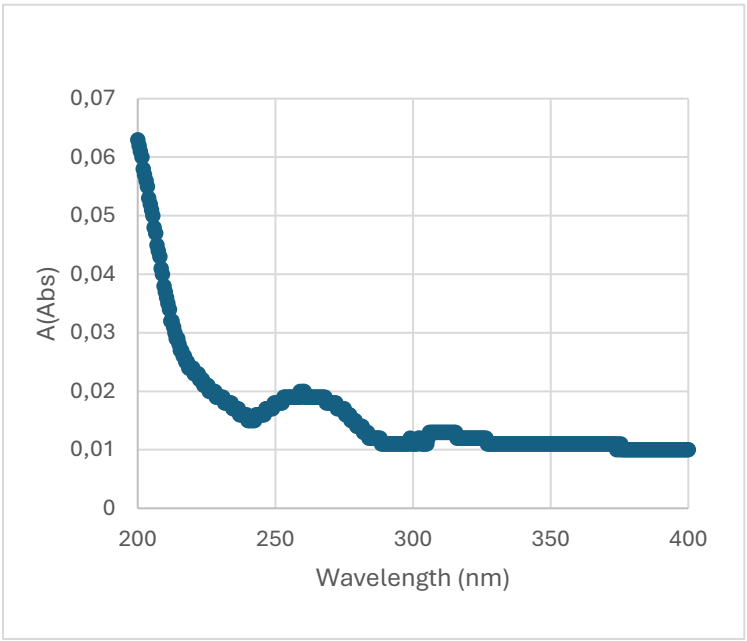
Αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για το Κουκούτσια ελιάς σε τρεις συγκεντρώσεις BPS (2,5 ,1,25, 0,5 mg/L).

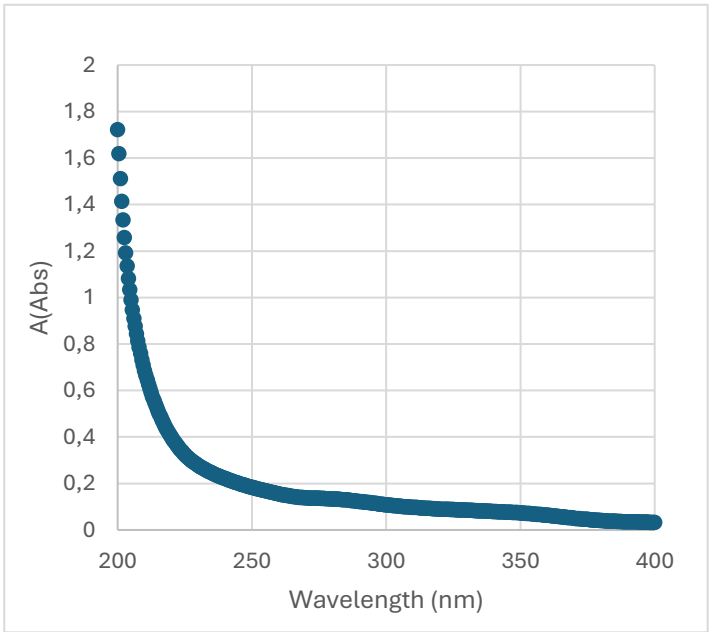
Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (A)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (A)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
2,5	0,032	0,015	0,73	70
1,25	0,02	0,005	0	100
0,5	0,012	0,004	0	100

R = (C1-C2)/C1 * 100%

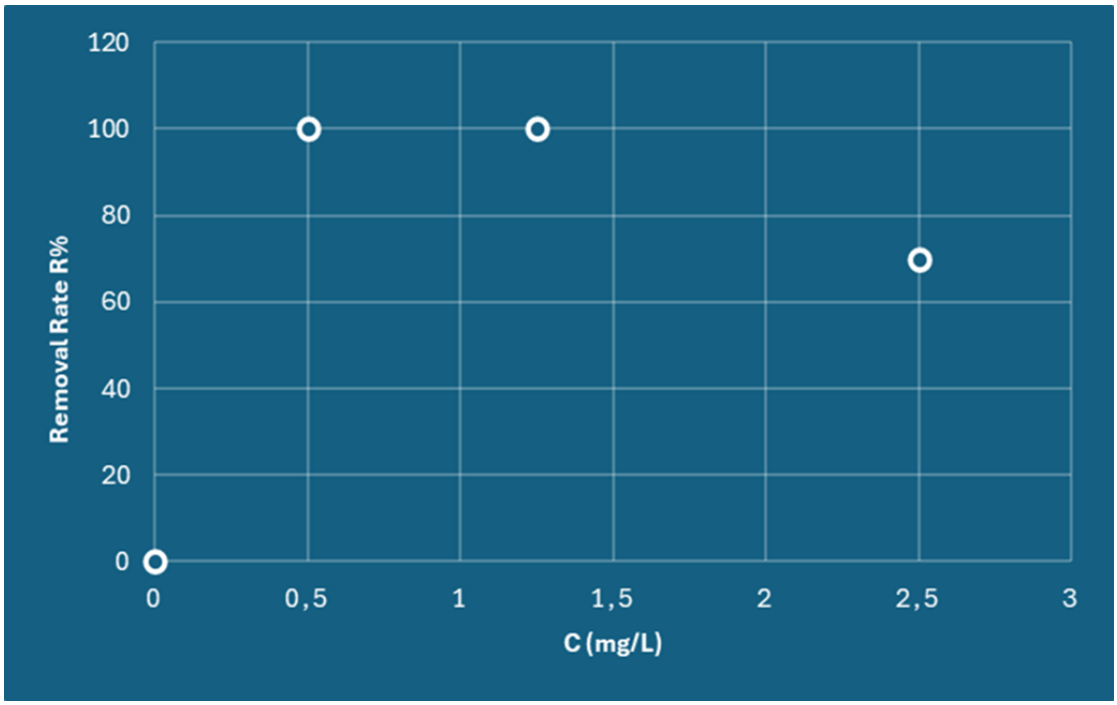
Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 1,25mg/L πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν

Φάσμα απορρόφησης πριν και μετά την εφαρμογή του Biochar (1,25 mg/L)





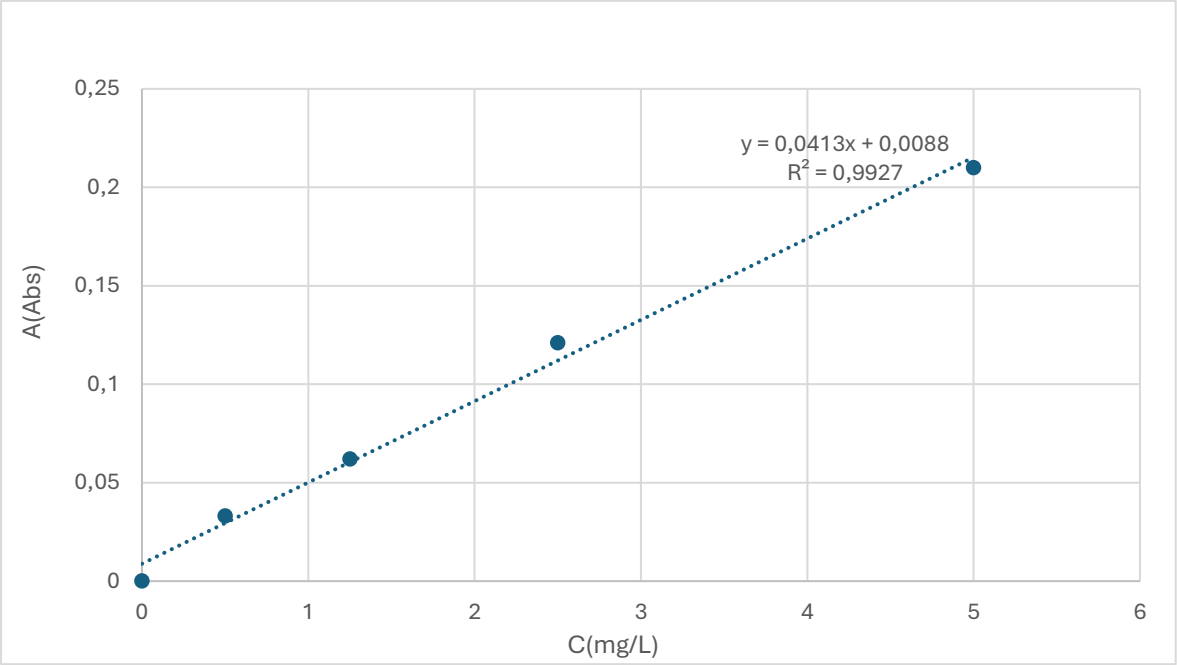
Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το αντιδραστήριο BPS το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί :



Στη παρούσα μελέτη με χρησιμοποιούμενο ρύπο το αντιδραστήριο BPS παρατηρείται πως υπήρξαν καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με την απομάκρυνση του ρύπου αλλά εξακολουθούμε να μην μπορούμε ακριβώς να προσδιορίσουμε αν σε όλες τις περιπτώσεις οι υψηλές τιμές οφείλονται σε παρουσία υπολείμματος από το προσροφητικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε. Όπως και παραπάνω η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC) είναι μια καλύτερη μέθοδος.

3.3 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας οργανικών υδροπηκτωμάτων σε υδάτινα συστήματα: περίπτωση του ζιζανιοκτόνου Metribuzin

- Αρχικά κατασκευάστηκε η καμπύλη βαθμονόμησης με εύρος συγκεντρώσεων 5/2,5/1,25/0,5 mg/L με φασματοφωτομετρία UV-Vis σε μήκος κύματος 290 nm για το ζιζανιοκτόνο Metribuzin. Η καμπύλη βαθμονόμησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



Χημικοί τύποι υδροπηκτωμάτων

A4 -> P(DMAM-co-Na_x), x=0,5

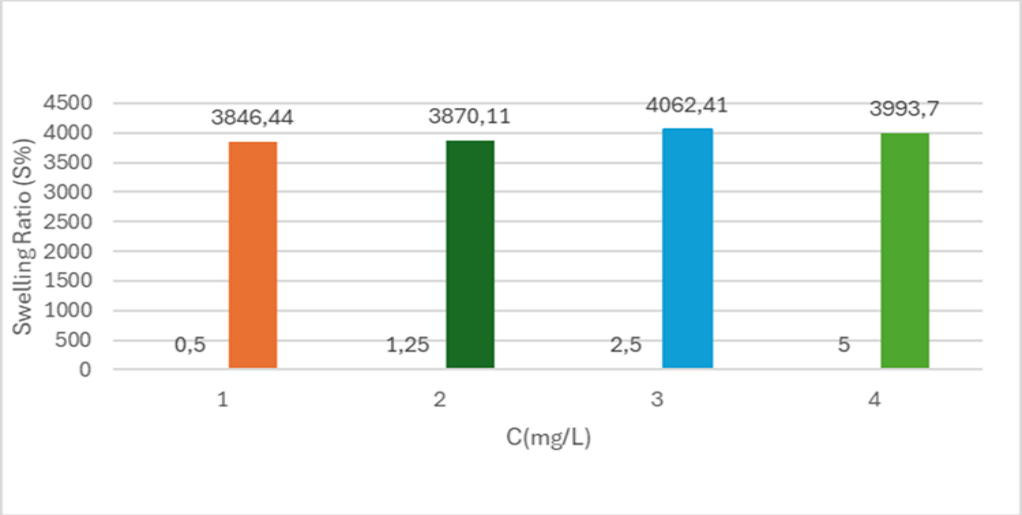
A17 -> P(DMAM-co-Na_x), x=0,7

- **Μελετώμενα προσροφητικά υλικά: Υδροπηκτώματα A4, A17**

Πληροφορίες για το ποσοστό διόγκωσης του υδροπηκτώματος A4.

Υδροπύκτωμα	Μάζα Ξηρή (W1)	Μάζα Νωπή (W2)	Swelling Ratio (S%)
A4	0,1096 gr	4,3253 gr	3846,44%
A4	0,1044 gr	4,1448 gr	3870,11%
A4	0,1011 gr	4,2082 gr	4062 ,41%
A4	0,1035 gr	4,2370 gr	3993,70%

Τα αποτελέσματα του ποσοστού διόγκωσης του χημικού υδροπηκτώματος Α4 με το Metribuzin παρουσιάζονται στο παρακάτω ραβδογράφημα :



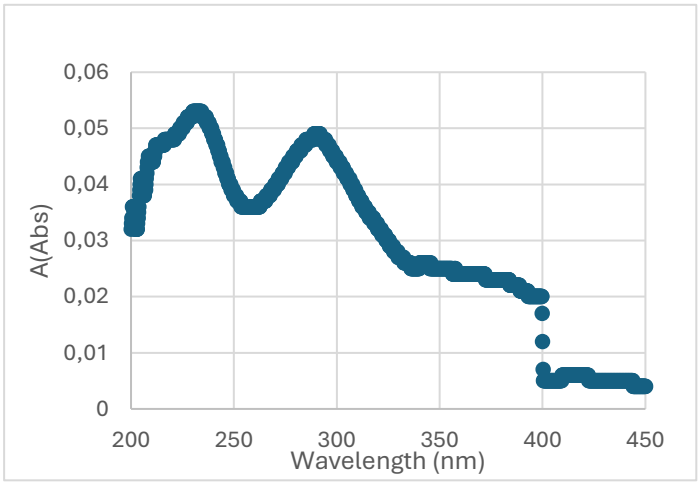
S =(W1 – W2)/W1 100%

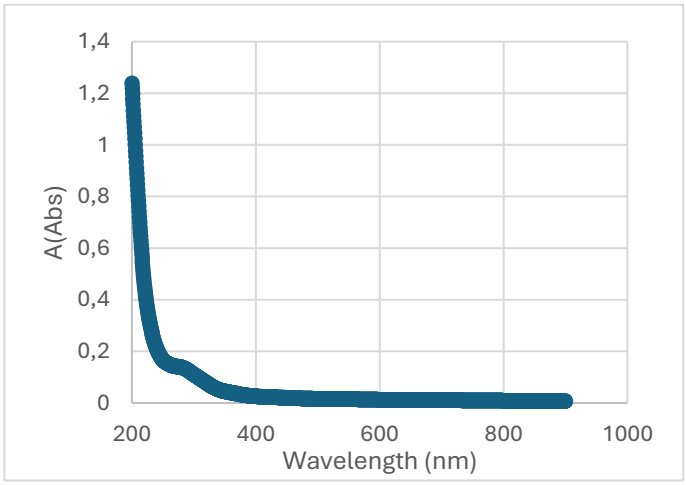
Αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για το υδροπήκτωμα Α4 σε τέσσερις συγκεντρώσεις ζιζανιοκτόνου Metribuzin (0,5, 1,25, 2,5 και 5 mg/L).

Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (Α)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (Α)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
5,0	0,210	0,055	1,14	77
2,5	0,121	0,026	0,42	83
1,25	0,062	0,011	0,06	95
0,5	0,033	0,003	0	100

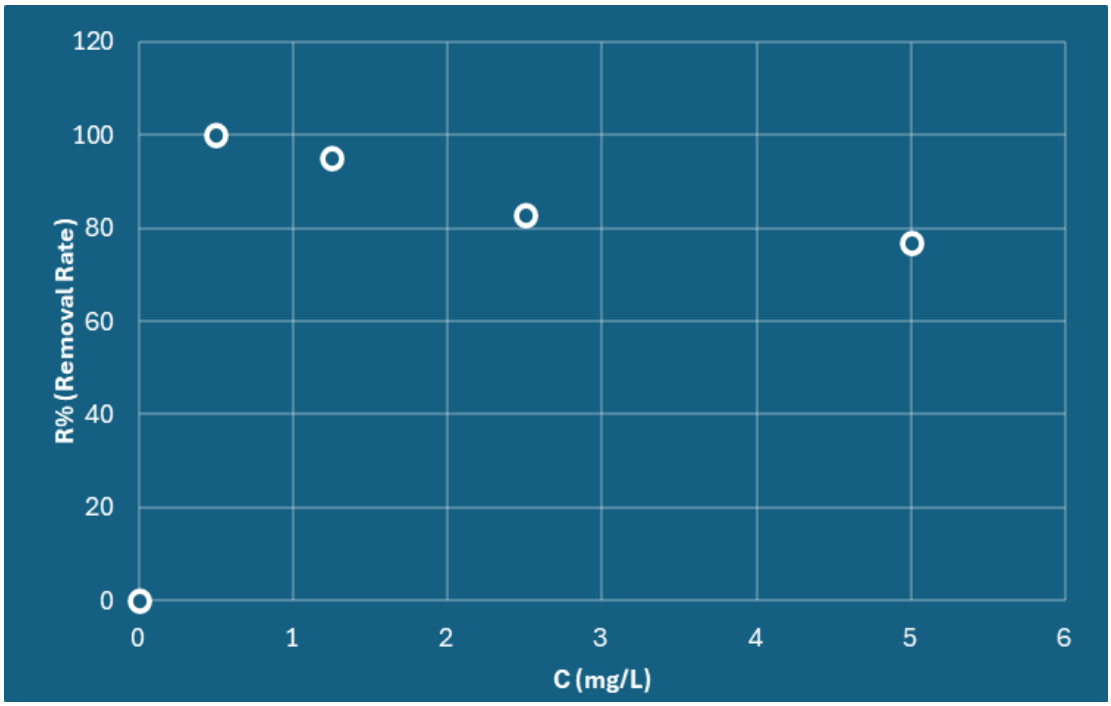
R = (C1-C2)/C1 * 100%

Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 0,5mg/L πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν





Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το ζιζανιοκτόνο Metribuzin με το υδροπήκτωμα Α4, το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί :



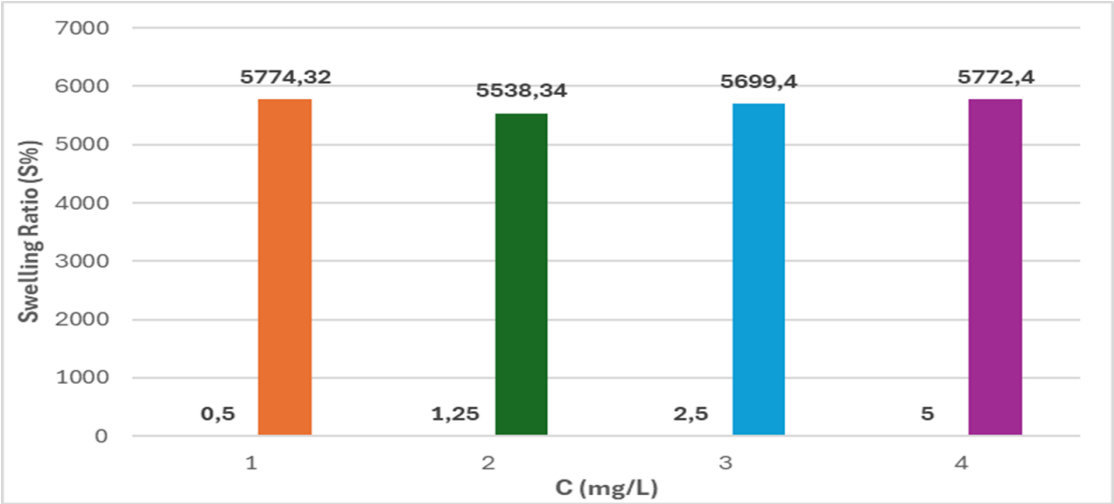
Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρούμε ότι στην συγκέντρωση 0,5 mg/L υπήρξαν τα καλύτερα αποτελέσματα σε ποσοστό απομάκρυνσης του ρύπου με το συγκεκριμένο υδροπήκτωμα (Α4).

- **Μελετώμενα προσροφητικά υλικά: Υδροπήκτωμα Α17**

Πληροφορίες για το ποσοστό διόγκωσης του υδροπηκτώματος Α17

Υδροπυκτώματα	Μάζα Ξηρή (W1)	Μάζα Νωπή (W2)	Swelling Ratio (S%)
A17	0,1001 gr	5,8802 gr	5774,32%
A17	0,1025 gr	5,7793 gr	5538,34%
A17	0,1006 gr	5,8342 gr	5699,40%
A17	0,1007 gr	5,9135 gr	5772,40%

Τα αποτελέσματα του ποσοστού διόγκωσης του χημικού υδροπηκτώματος A17 με το Metribuzin παρουσιάζονται στο παρακάτω ραβδογράφημα :



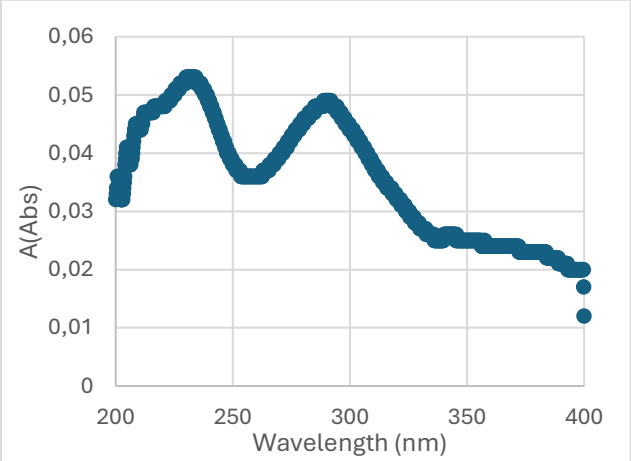
S =(W1 – W2)/W1 100%

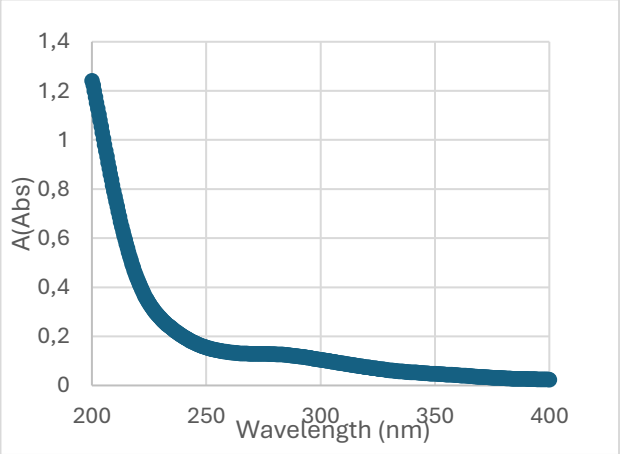
Αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για το υδροπήκτωμα A17 σε τέσσερις συγκεντρώσεις ζιζανιοκτόνου Metribuzin (0,5, 1,25, 2,5 και 5mg/L).

Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (A)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (A)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
5,0	0,21	0,047	0,92	81
2,5	0,121	0,024	0,36	85
1,25	0,062	0,010	0,02	98
0,5	0,033	0,003	0	100

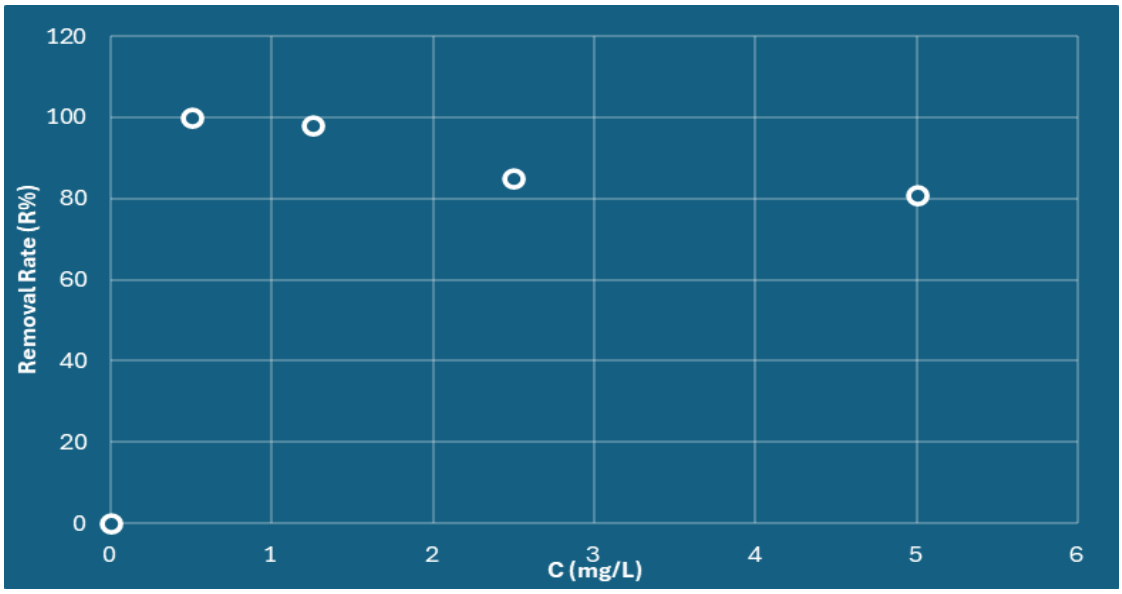
R = (C1-C2)/C1 * 100%

Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 0,5mg/L πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν





Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το ζιζανιοκτόνο Metribuzin με το υδροπήκτωμα Α17, το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί :

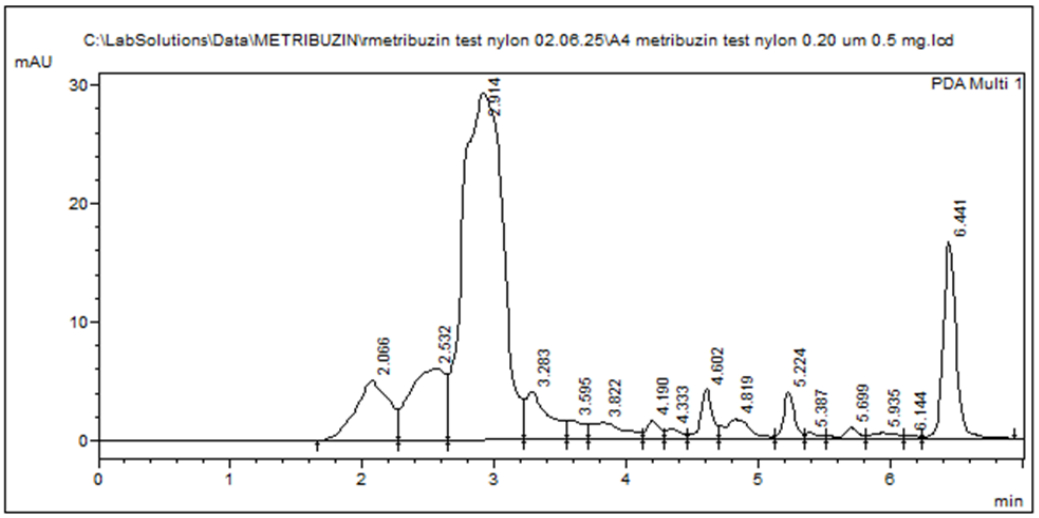


Από τα παραπάνω αποτελέσματα, παρατηρείται ότι και το υδροπήκτωμα Α17 έχει εξίσου καλά αποτελέσματα σε ποσοστό απομάκρυνσης της ουσίας. Ακόμα, το υδροπήκτωμα Α17 είχε υψηλότερη απόδοση συγκριτικά με το υδροπήκτωμα Α4 τόσο στο ποσοστό διόγκωσης του υλικού όσο και σε απομάκρυνση του ρύπου.

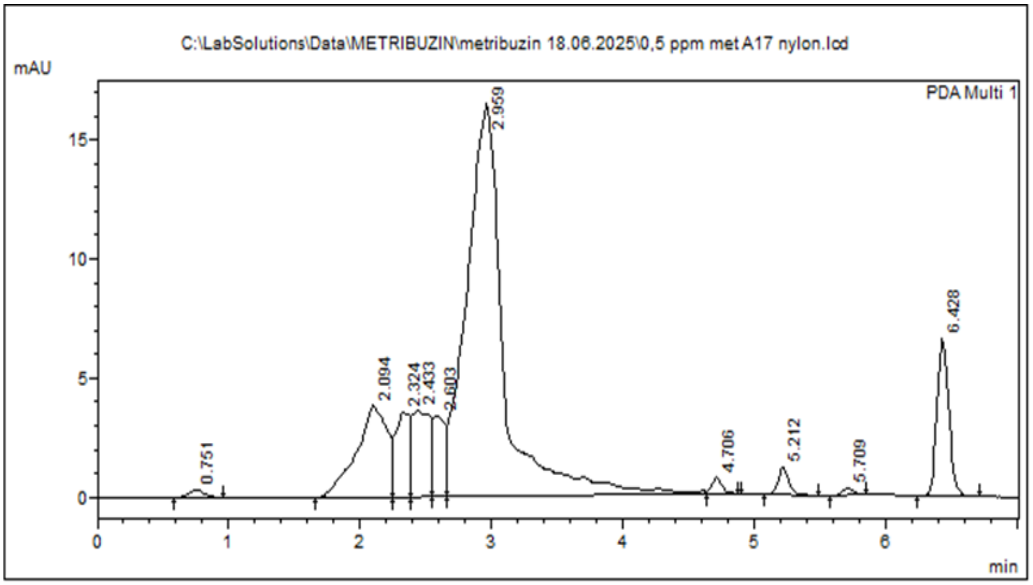
3.3.1 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων στα υδροπηκτώματα Α4 και Α17 με ζιζανιοκτόνο Metribuzin στο HPLC

3.3.1.2 Χρωματογραφήματα που απεικονίζουν την απομάκρυνση του ρύπου Metribuzin με υδροπηκτώματα Α4 και Α17

- Μελέτη στο υδροπήκτωμα Α4 σε συγκέντρωση 0,5 mg/L



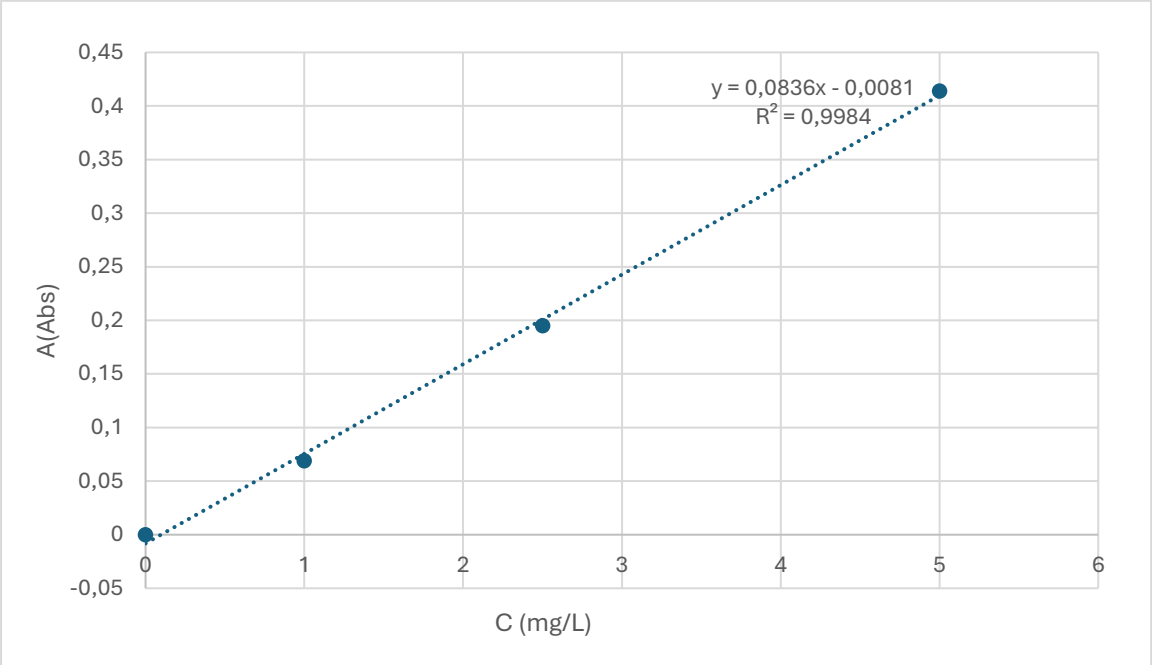
- Μελέτη στο υδροπήκτωμα Α17 σε συγκέντρωση 0,5 mg/L



Με βάση τα παραπάνω χρωματογραφήματα που πραγματοποιήθηκαν από το HPLC παρατηρούμε πως στη συγκέντρωση 0,5 mg/L και στα δύο υδροπηκτώματα Α4 και Α17 είχαμε την μεγαλύτερη απομάκρυνση του ρύπου Metribuzin.

3.4 Αξιολόγηση της προσροφητικής ικανότητας οργανικών υδροπηκτωμάτων σε υδάτινα συστήματα: περίπτωση του συντηρητικού Ethyl Paraben

- Αρχικά κατασκευάστηκε η καμπύλη βαθμονόμησης με εύρος συγκεντρώσεων 5/2,5/1mg/L με φασματοφωτομετρία UV-Vis σε μήκος κύματος 260nm για το συντηρητικό Ethyl Paraben. Η καμπύλη βαθμονόμησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Χημικοί τύποι υδροπηκτωμάτων

A12 -> P(DMAM-co-Na_x), x=0,6

A20 -> P(DMAM-co-Na_x), x=0,8

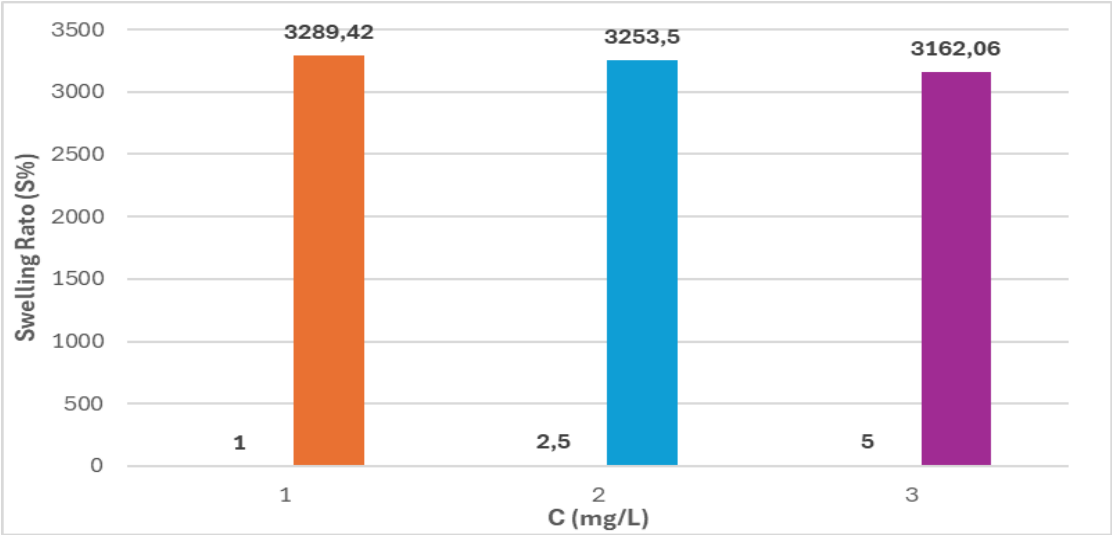
A24 -> P(DMAM-co-Na_x), x=0,9

- **Μελετώμενα προσροφητικά υλικά: Υδροπηκτώματα A12, A20, A24**

Πληροφορίες για το ποσοστό διόγκωσης του υδροπηκτώματος A12.

Υδροπήκτωμα	Μάζα Ξηρή (W1)	Μάζα Νωπή (W2)	Swelling Ratio (S%)
A12	0,5008 gr	16,3364 gr	3162,06%
A12	0,5022 gr	16,8412 gr	3253,50%
A12	0,5009 gr	16,9776 gr	3289,42%

Τα αποτελέσματα του ποσοστού διόγκωσης του χημικού υδροπηκτώματος A12 με το Ethyl Paraben παρουσιάζονται στο παρακάτω ραβδογράφημα:



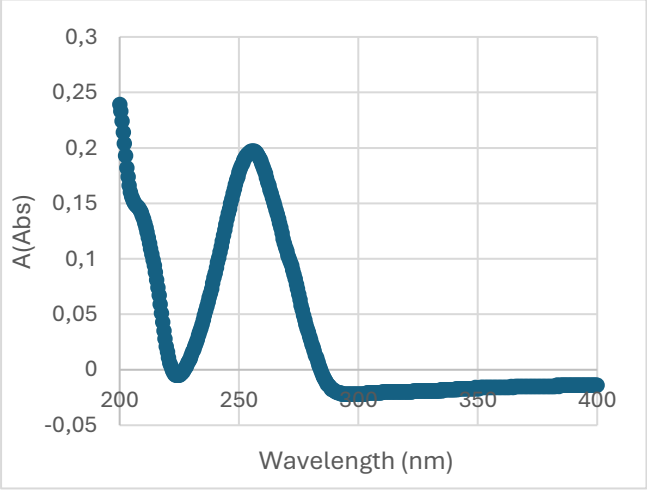
S =(W1 – W2)/W1 100%

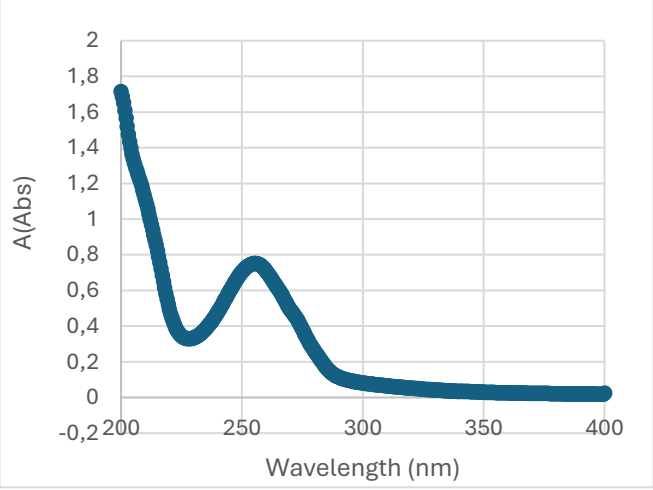
Αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για το υδροπήκτωμα A12 σε τρεις συγκεντρώσεις συντηρητικού Ethyl Paraben (5, 2,5 και 1 mg/L).

Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (A)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (A)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
5,0	0,414	0,301	3,5	29
2,5	0,195	0,129	1,45	94
1,0	0,069	0,037	0,35	64

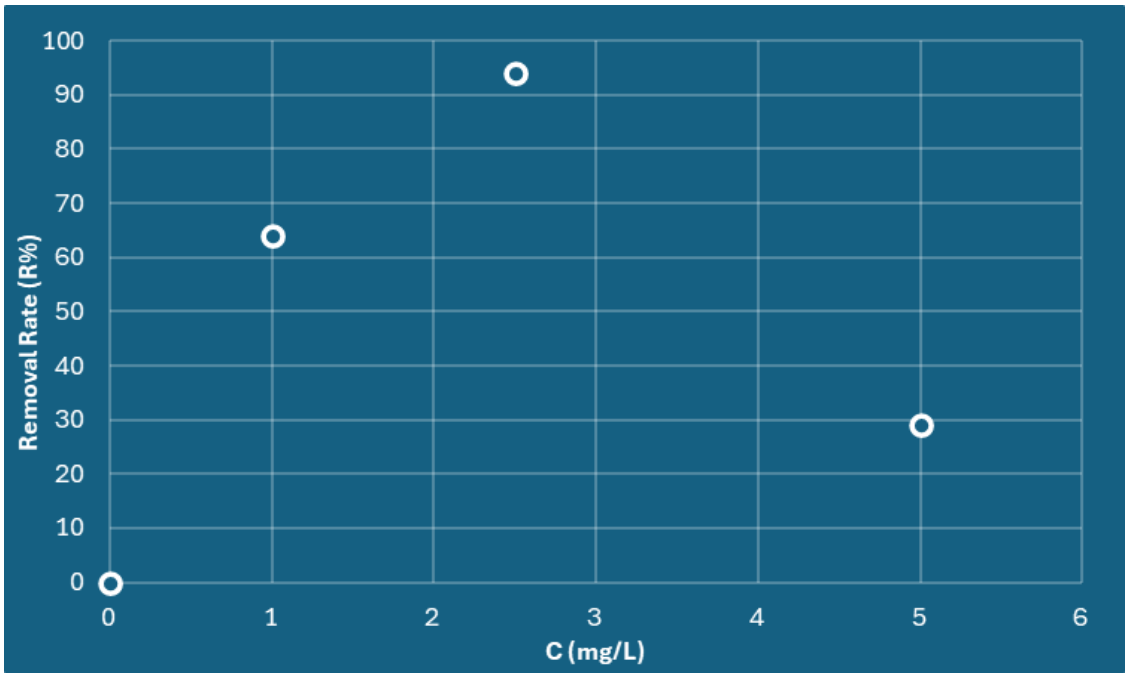
R = (C1-C2)/C1 * 100%

Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 2,5mg/L πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν





Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το συντηρητικό Ethyl Paraben με το υδροπήκτωμα Α12, το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί :



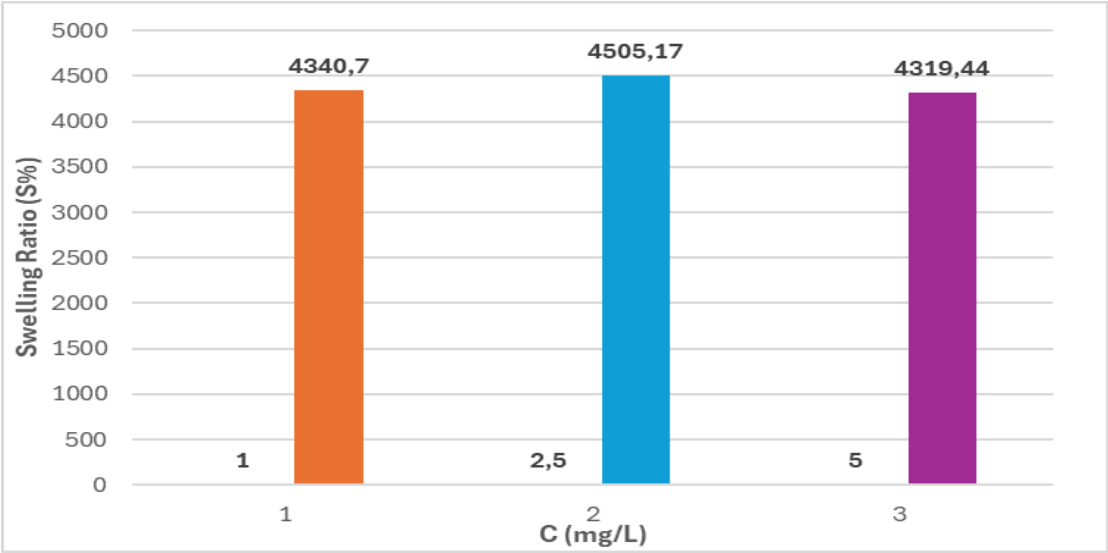
Από τα παραπάνω αποτελέσματα, το υδροπήκτωμα Α12 έχει μια καλή απόδοση απομάκρυνσης της ουσίας στη συγκέντρωση 2,5 mg/L.

- **Μελετώμενα προσροφητικά υλικά: Υδροπηκτώματα Α20**

Πληροφορίες για το ποσοστό διόγκωσης του υδροπηκτώματος Α20.

Υδροπήκτωμα	Μάζα Ξηρή (W1)	Μάζα Νωπή (W2)	Swelling Ratio (S%)
A20	0,5 gr	22,0972 gr	4319,44%
A20	0,5007 gr	23,0581 gr	4505,17%
A20	0,5013 gr	22,2613 gr	4340,70%

Τα αποτελέσματα του ποσοστού διόγκωσης του χημικού υδροπηκτώματος A20 με το Ethyl Paraben παρουσιάζονται στο παρακάτω ραβδογράφημα:



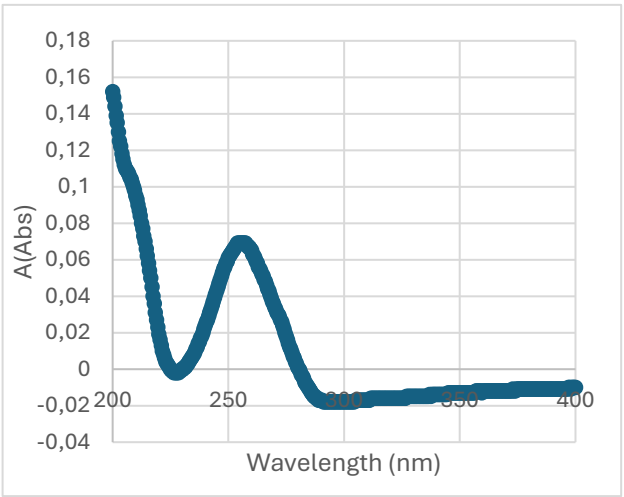
S =(W1 – W2)/W1 100%

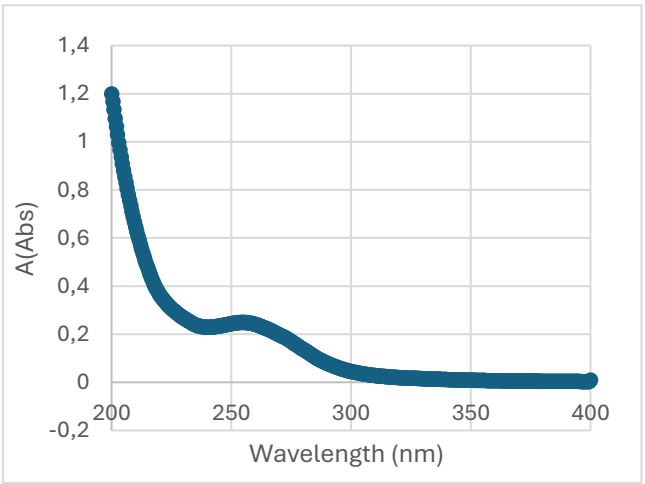
Αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για το υδροπήκτωμα A20 σε τρεις συγκεντρώσεις συντηρητικού Ethyl Paraben (5, 2,5 και 1 mg/L).

Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (A)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (A)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
5,0	0,414	0,218	2,5	49
2,5	0,195	0,127	1,4	42
1,0	0,069	0,031	0,2	71

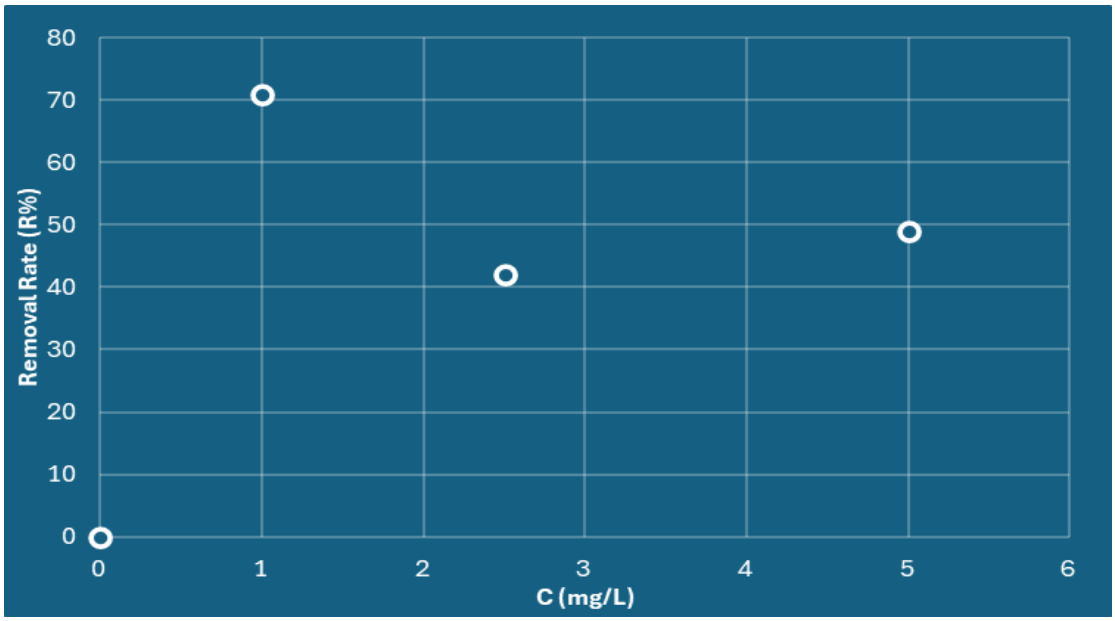
R = (C1-C2)/C1 * 100%

Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 1mg/L πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν :





Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το συντηρητικό Ethyl Paraben με το υδροπήκτωμα Α20, το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί :



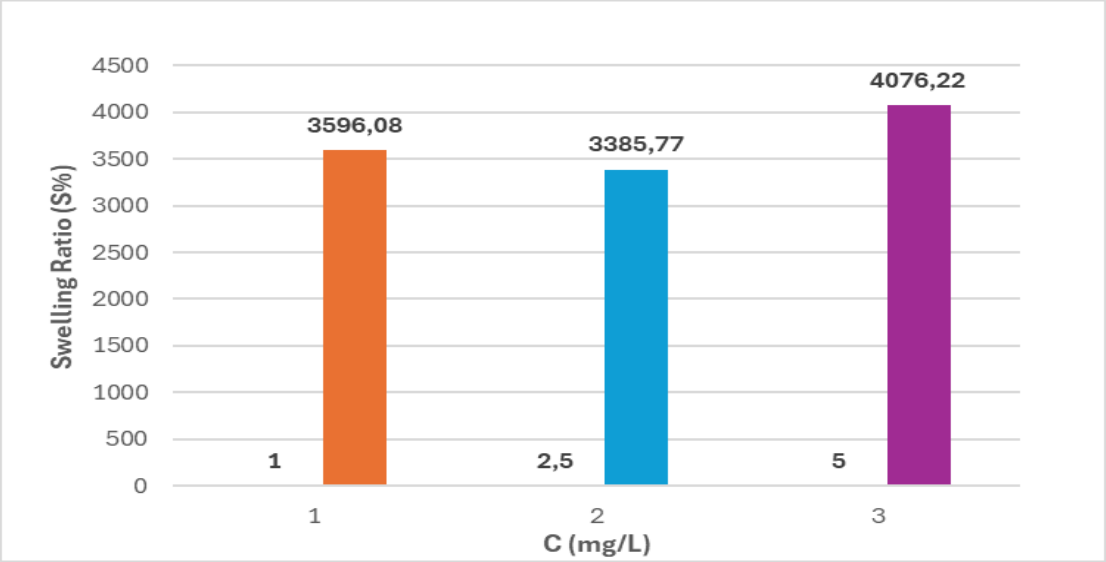
Στη παρούσα περίπτωση με το υδροπήκτωμα Α20, παρατηρείται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα απομάκρυνσης της ουσίας καταγράφηκαν στη συγκέντρωση 1mg/L, αλλά χαρακτηρίζονται λιγότερο αποδοτικά σε σχέση με το Α12.

- **Μελετώμενα προσροφητικά υλικά: Υδροπηκτώματα Α24**

Πληροφορίες για το ποσοστό διόγκωσης του υδροπηκτώματος Α24.

Υδροπήκτωμα	Μάζα Ξηρή (W1)	Μάζα Νωπή (W2)	Swelling Ratio (S%)
Α24	0,5001 gr	20,8853 gr	4076,22%
Α24	0,5004 gr	17,4428 gr	3385,77%
Α24	0,5006 gr	18,5026 gr	3596,08%

Τα αποτελέσματα του ποσοστού διόγκωσης του χημικού υδροπηκτώματος Α24 με το Ethyl Paraben παρουσιάζονται στο παρακάτω ραβδογράφημα:



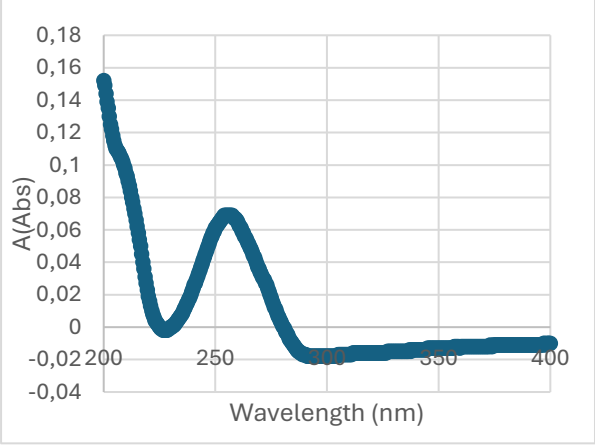
S =(W1 – W2)/W1 100%

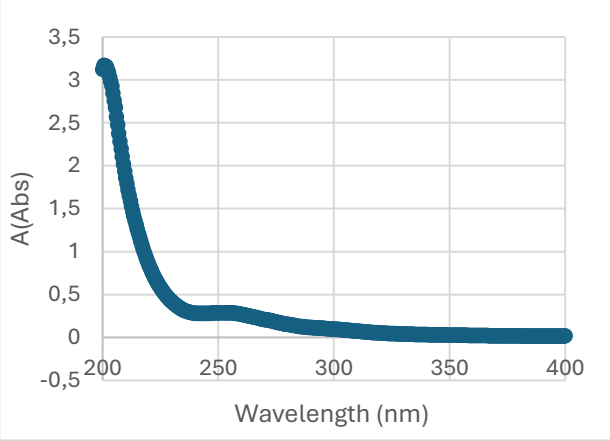
Αποτελέσματα της φασματοφωτομετρικής ανάλυσης για το υδροπήκτωμα Α24 σε τρεις συγκεντρώσεις συντηρητικού Ethyl Paraben (5, 2,5 και 1 mg/L).

Αρχική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου διαλύματος (Α)	Τιμή απορρόφησης του πρότυπου προσροφούμενου διαλύματος (Α)	Τελική συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος (mg/L)	Removal Rate (R%)
5,0	0,414	0,154	2,5	96
2,5	0,195	0,051	1,4	97
1,0	0,069	0,0139	0,2	99

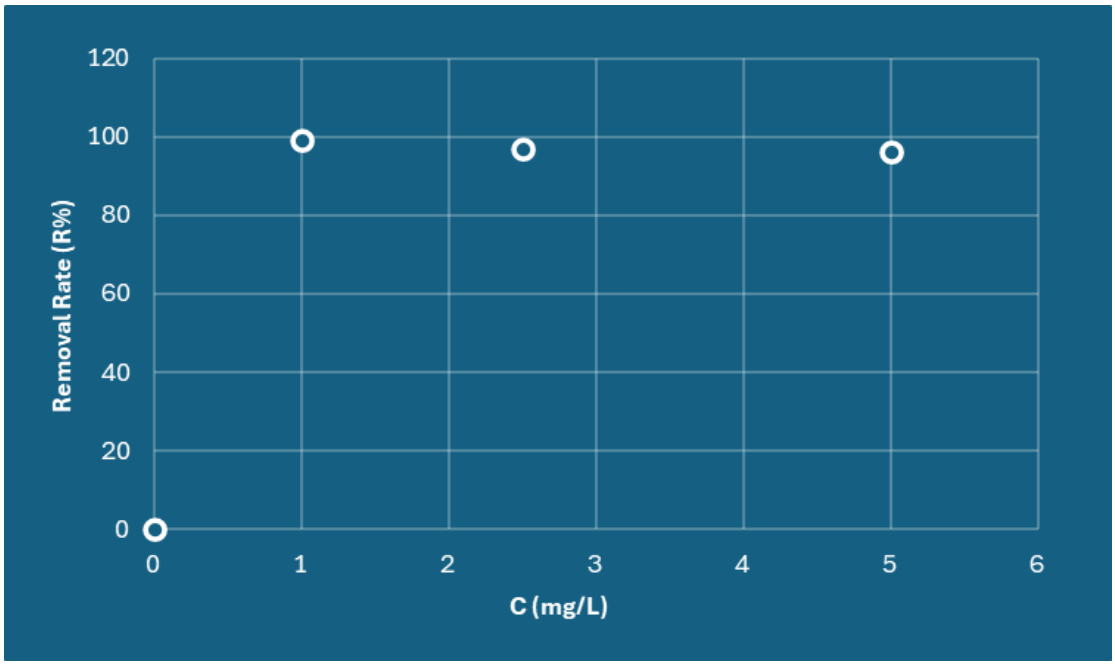
R = (C1-C2)/C1 * 100%

Ενδεικτικά φάσματα απορρόφησης για τη συγκέντρωση 1mg/L πριν και μετά την εφαρμογή του προσροφητικού υλικού παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν :





Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης για το συντηρητικό Ethyl Paraben με το υδροπήκτωμα A20, το ποσοστό απομάκρυνσης παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί :



Στα αποτελέσματα του υδροπηκτώματος A24, παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση τόσο στο ποσοστό διόγκωσης του υλικού όσο και στο ποσοστό απομάκρυνσης της ρυπογόνου ουσίας σε σχέση με τα προηγούμενα υδροπηκτώματα.

Συνολικά από τα φάσματα απορρόφησης που πραγματοποιήθηκαν με τρία υδροπυκτώματα A12, A20 και A24 με ρύπο το συντηρητικό Ethyl Paraben, παρατηρούμε ότι και σε αυτή τη μελέτη ισχύει το συμπέρασμα για το αντιβιοτικό SMX και το αντιδραστήριο BPS. Δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε αν οι υψηλές τιμές οφείλονται σε υπόλειμμα από τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Μια καλύτερη μέθοδος που θα έδινε περισσότερα ακριβή αποτελέσματα είναι η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα

4.1 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με βιοεξανθράκωμα από ελιά σε πυρόλυση 400^{o}C και ρύπο το αντιβιοτικό Σουλφαμεθοξαζόλη (SMX)

Το συμπέρασμα της συγκεκριμένης μελέτης με βάση τις οδηγίες των πειραματικών διαδικασιών αλλά και τα αποτελέσματα από τα φάσματα απορρόφησης στο UV-Vis, είναι πως δεν δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός της απομάκρυνσης του ρύπου που μελετήθηκε. Οι εντάσεις που απεικονίζονται στα συγκεκριμένα φάσματα μπορούν να οφείλονται σε δύο πιθανές αιτίες, είτε στο γεγονός ότι ο ρύπος μπορεί να απομακρύνθηκε ελάχιστα είτε στην παρουσία υπολείμματος από το προσροφητικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις.

Προκειμένου να παρουσιαστούν πιο ακριβή αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό απομάκρυνσης του ρύπου από διαλύματα, μια πιθανή μέθοδος αποτελεί η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

4.2 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με βιοεξανθράκωμα από ελιά σε πυρόλυση 600^{o}C και ρύπο το αντιδραστήριο Δισφαινόλη S (BPS)

Το συμπέρασμα της συγκεκριμένης μελέτης δεν απέχει πολύ από την αμέσως παραπάνω. Στη προκειμένη διαδικασία παρουσιάζονται ορισμένα φάσματα απορρόφησης UV-Vis, στα οποία επίσης δεν είναι γνωστός ο προσδιορισμός στις εντάσεων. Όπως αναφέρθηκε και στην παραπάνω μελέτη, οι εντάσεις στα φάσματα θα μπορούσαν να οφείλονται είτε σε μειωμένη απομάκρυνση του ρύπου που χρησιμοποιήθηκε είτε σε κάποιο υπόλειμμα από το παρών προσροφητικό υλικό.

Πιο ακριβή αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό απομάκρυνσης του ρύπου μπορεί να προσφέρει η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

4.3 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με υδροπηκτώματα Α4 και Α17 και ρύπο το ζιζανιοκτόνο Metribuzin

Το συμπέρασμα της συγκεκριμένης μελέτης παρουσιάζει φάσματα απορρόφησης από UV-Vis καθώς και χρωματογραφήματα από μεθοδολογία υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (HPLC) και στα δύο υδροπηκτώματα. Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην υγρή χρωματογραφία και τα δύο υδροπηκτώματα Α4 και Α17 στην ιδία συγκέντρωση 0,5 mg/L έχουν τη μεγαλύτερη απομάκρυνση του ρύπου Metribuzin σε σχέση με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις. Ωστόσο, παρατηρείται πως το εμβαδόν στο υδροπήκτωμα Α4 είναι μεγαλύτερο από εκείνο του Α17. Άρα καταλήγουμε στο γεγονός ότι το υδροπήκτωμα Α17 είχε το μεγαλύτερο ποσοστό απομάκρυνσης σε συγκέντρωση 0,5 mg/L.

4.4 Συμπεράσματα πειράματος προσρόφησης με υδροπηκτώματα A12, A20 και A24 και ρύπο το συντηρητικό Ethyl Paraben

Το συμπέρασμα της παρούσας μελέτης είναι σχεδόν παρόμοιο με εκείνο του SMX και του BPS. Συγκεκριμένα σε αυτή τη μελέτη παρουσιάζονται επίσης εννέα φάσματα απορρόφησης UV-Vis από τα οποία όμως δεν μπορεί να καθοριστεί ο βαθμός απομάκρυνσης της ουσίας που χρησιμοποιήθηκε ως ρύπος. Οι απεικονιζόμενες εντάσεις στα φάσματα εξηγούνται είτε από την μειωμένη απομάκρυνση της ουσίας είτε από την παρουσία υπολείμματος των προσροφητικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, όμως και πάλι αυτή η υπόθεση δεν αποτελεί μια σίγουρη απάντηση.

Όπως αναφέρθηκε και στις δύο πρώτες πειραματικές διαδικασίες μια πιθανή μέθοδος που θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο ακριβή αποτελέσματα για το ποσοστό της ουσίας που απομακρύνθηκε είναι η υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).

Κεφάλαιο 5 Βιβλιογραφία

Διεθνής βιβλιογραφία

Stillinger Frank H. Water Revisited : JSTOR, 1980.

Allan H.Harvey Daniel G. Friend Physical properties of water : Academic Press, 2004.

https://doi.org/10.1016/B978-012544461-3/50002-8

Siphedele Nduli, M. T. V. M. S. F., 2025. Assessment of the water quality and microbial regrowth in drinking water treatment plants and the distribution network. Water resources and industry

https://doi.org/10.1016/j.wri.2025.100290

Whitney M.Woelmer, R. T. F. O. B. G. S. K. C. W. C. C. C., 2024. Process-based forecasts of lake water temperature and dissolved oxygen outperform null models, with variability over time and depth. *Ecological Informatics*, November.

https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102825

A.G. Usman, M. A. H. D. B. D. A. A. S. A. I. I. S. A., 2025. Second-order based ensemble machine learning technique for modelling river water biological oxygen demand (BOD): Insights into improved learning. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* , June.

https://doi.org/10.1016/j.jrras.2025.101439

Stefan Lorenz, F. N. T. L. C. R. K. M. K. F. M. S. D. S. H. L. B. M. H., 2025. Pesticide contamination of small standing water bodies in the agricultural landscape of northeast Germany. *Science of the Total Environment*, May.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179250

Wang Shixun, C. Z., 2025. Zinc-ion batteries based on lean-water hydrogel electrolytes and their application as flexible power source. *Next Energy*, April

https://doi.org/10.1016/j.nxener.2025.100293

M. Garcia-Rollan, E. S.-S. C. B. J. B., 2025. Key adsorbents and influencing in the adsorption of micro- and nanoplastics: A review. *Journal of Environmental Management*, May.

https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125394

Kunthea Deng, R. S. B. L. D. U. D. A., 2024. Improving the strength and reliability of mortar composites with zeolite substitution. *Case Studies in Construction Materials*, December.

https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e04037

Jana Schultz, A. I. M. S. S. B. E. M. D. C. D. D. A. O. S. M. K., 2025. Deep eutectic solvent pre- treatment of residual biomass streams - Effects on anaerobic degradability. *Renewable Energy*, April.

https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123215

Margaux Frigoli, J. W. L. T. J. C. H. D. K. E. B. v. G., 2025. Detection of antibiotic sulfamethoxazole residues in milk using a molecularly imprinted polymer - based thermal biosensor. *Food Chemistry*, June.

https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143525

Ning Wu, Y. H. Z. S. S. Z. X. Y. Q. S. L. Q. Z. G. J., 2025. The environmental occurrence, human exposure, and toxicity of novel bisphenol S derivatives : A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, May.

https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118182

Pussadee Laor, Y. L. S. P. Y. K. K. C. W. K. S. P. K. T., 2025. Urinary paraben concentrations among children from the northernmost of Thailand : Cross - sectional study for exposure and health risks. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, April.

https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118172

Hyunkyung Lee, Y. J. S. H., 2016. Recent transitions in ultrapure water (UPW) technology : Rising role of reverse osmosis (RO). *Desalination*, December.

https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.09.003

Satoru Sakuma, R. E. T. S., 2024. Substituting phosphorus and nitrogen in hydroponic fertilizers with a waste derived nutrients solution : pH control strategies to increase substitution ratios. *Chemosphere*, December.

https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143805

Yiyan Xie, X. H. R. Y. Y. J. L. T., 2025. Portable pH meter - based competitive immunoassay of E-selectin using urease-encapsulated metal-organic frameworks. *Talanta*, May.

https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.127613

Yeong Beom Cho, D. C. N. S. H. H. Y. S. K., 2024. A digital bar pH indicator based on a microfluidic paper-based analytical device. *Microchemical Journal*, June.

https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110532

Hilbert Keestra, Y. S. K. H. R. R. D. W. F. B., 2025. A century of data: Tgermodynamics and kinetics for ammonia synthesis on various commercial iron-based catalysts. *Chemical Engineering Journal*, June.

https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.164593

Chun Yee Joey Tang, Y. C. P.-H. W. C.-C. C. C.-P. Y., 2025. Enhanced Prediction of Ammonia Nitrogen Levels in Reverse Osmosis Brine from a Full-scale Water Reclamation Plant Using Machine Learning. *Water Research X*, July.

https://doi.org/10.1016/j.wroa.2025.100384

Louis Currie, G. M. V. G. L. M., 2024. Process development of PVC/natural zeolite beads for the removal of ammonium ions from water. *Journal of Water Process Engineering*, July.

https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105714

Sepideh Ansari, R. B.-M. A. O. S. B. D. B., 2025. Nitrate amd phosphate removal from water using a novel cellulose - based anion exchange hydrogel. *Environmental Technology and Innovation* , June

https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104289

Chinnappan Pandiyarajan, P. R. A. S. M. R. H. P. P. C. S. S. M., 2025. Gold nanoparticles Distributed graphitic carbon nitride embedded with silicate sol-gel for improved electrochemical sensing of nitrite ions. *Inorganic Chemistry Communications*, June

https://doi.org/10.1016/j.inoche.2025.114816

E. Latvyte, A. G. A. B. J. G., 2024. Rapid and selective quantitative colourimetric analysis of nitrite in water using a S-Nitrosothiol based method. *Water Research X*, December.

https://doi.org/10.1016/j.wroa.2024.100265

Kehinde Shola Obayomi, A. M. R. B. A. G., 2025. Bimettalic oxide nanocomposite hydrochar for phosphate capture from aqueous environments. *Separation and Purification Technology*, July .

https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.134142

Esraa M. El-Fawal, A. M. A. E. N. A. A. E.-Z. M. M. A. A. S. M. H. A. E. S. A. e. M. E. M., 2025. Biofuel production from waste residuals : comprehensive insights into biomass conversion technologies and engineered biochar applications. *RSC Advances*, July .

https://doi.org/10.1039/d5ra00857c

Yutong Zhang, A. L. L. L. X. D. W. G. C. L. G. Q., 2023. Enhanced remediation of cadmium-polluted soil and water using facilely prepared MnO2-coated rice husk biomass. *Chemical Engineering Journal*, February.

https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141311

Martyna Grzegorzek. Joanna Struk-Sokolowska, F. A. C. U. K. B. K., 2024. Monitoring studies on contamination of urban runoff with hazardous benzotriazoles and bisphenols in one of the least polluted places worldwide. *Chemosphere*, October.

https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143444

Ana Rita Pereira, I. B. G. M. H. L. S. M. S., 2024. Parabens transformation products in water and their (eco)toxicological implications. *Chemical Engineering Journal*, October.

https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.155129

Fang Wei, M. M. H. C. N. S. ,. L.-H. G., 2021. Parabens as chemicals of emerging concern in the environment and humans: A review. *Science of The Total Environment*, 21 February, p. 17.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146150

Xinbo Zhang, Y. Y. H. H. N. W. G. H. W. X. W. J. Z. T. L., 2021. A critical review on challenges and trend of ultrapure water production process. *Science of the Total Environment*, September.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147254

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Ebbing D. D. & Gammon S. D., 2011. Γενική Χημεία. Αθήνα : Τραυλός
2. Ασημακόπουλος Ι. Η., 2013. ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ ΛΙΠΑΝΣΕΙΣ. 2η επιμ. s.l.:ΕΜΒΡΥΟ
3. Αλμπάνης Τ., 2009. ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
4. Θεριός Ι. Ν., 2021. ΑΝΟΡΓΑΝΗ ΘΡΕΨΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ. s.l.: γαρταγάνης
5. Ολύμπιος Χ. Μ., 2019. Τεχνική της Καλλιέργειας Υπαίθριων.
6. Καραθανάσης Σ., Κούγκολος Α., 2024. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ. s.l.: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2025