



ΕΡΓΟ SYBRO



Παραδοτέο Ε.1.2 Προσδιορισμός πεδίου εφαρμογής - πλάνο δράσεων

Ενότητα Εργασίας 1 – Προκαταρκτικές ενέργειες

Βασικά στοιχεία

Ακρωνύμιο	SYBRO	Κωδικός έργου	M16ΣΥΝ2-00434
Τίτλος έργου	Ανάπτυξη και εφαρμογή συστήματος άρδευσης ακριβείας στην καλλιέργεια μπρόκολου		
Θεσμικό πλαίσιο	ΔΡΑΣΗ 2 - ΥΠΟΜΕΤΡΟ 16.1 – 16.5 του ΠΑΑ 2014-2020		
Ενδιάμεσος Φορέας Διαχείρισης	Μονάδα Συνεργασίας και Καινοτομίας – ΕΥΕ ΠΑΑ 2014-2020, Ειδική Υπηρεσία Εφαρμογής Παρεμβάσεων Αγροτικής Ανάπτυξης		
Τίτλος παραδοτέου	Ε.1.2 Προσδιορισμός πεδίου εφαρμογής-πλάνο δράσεων		
Ενότητα εργασίας	ΕΕ 1		
Υπεύθυνος Παραδοτέου	Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης Φασματοσκοπίας και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Τμήμα Γεωπονίας, Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΕΛΚΕ Α.Π.Θ.		
Συμμετέχοντες	• Αγροτικός Συνεταιρισμός Κοινής Γεωργικής Εκμετάλλευσης Άρδας Ν./ Έβρου • Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος (ΔΚΠ) • Αειφορική ΑΕ		

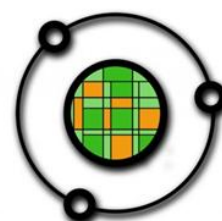
Το έργο «Ανάπτυξη και εφαρμογή συστήματος άρδευσης ακριβείας στην καλλιέργεια μπρόκολου» με ακρωνύμιο SYBRO και κωδικό έργου M16ΣΥΝ2-00434 υλοποιείται με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της Δράσης 2 του Υπομέτρου 16.1 - 16.5 «Συνεργασία για περιβαλλοντικά έργα, περιβαλλοντικές πρακτικές και δράσεις για την κλιματική αλλαγή» του Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης (ΠΑΑ) 2014 – 2020.

Εταιρικό Σχήμα

ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ
ΧΩΡΟΥ

αειφορική

Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης Φασματοσκοπίας και
Γεωγραφικών συστημάτων Πληροφοριών, Τμήμα
Γεωπονίας, Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας &
Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ειδικός Λογαριασμός
Κονδυλίων Έρευνας



ΑΓΡΟΤΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ ΚΟΙΝΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΑΡΔΑΣ Ν./
ΕΒΡΟΥ

ΔΙΑΒΑΛΚΑΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Σημείωση: Οι πληροφορίες και οι θέσεις που αποτυπώνονται στο παρών παραδοτέο είναι των φορέων που συμμετέχουν στο πρόγραμμα και δεν αντικατοπτρίζουν την επίσημη θέση της Διαχειριστικής αρχής.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
1. Επιλογή πιλοτικών αγροτεμαχίων.....	6
2. Υλοποίηση αναλύσεων εδάφους και νερού	9
2.1 Εδαφικά δείγματα	9
2.1.1 Προκατεργασία δειγμάτων	9
2.1.2 Πάστα Κορεσμού για προσδιορισμό pH και Αγωγιμότητας.....	13
2.1.3 Προσδιορισμός του εδαφικού pH	14
2.1.4 Προσδιορισμός ειδικής αγωγιμότητας σε έδαφος	15
2.1.5 Προσδιορισμός ολικού οργανικού άνθρακα σε έδαφος	16
2.1.6 Προσδιορισμός ολικού αζώτου σε έδαφος.....	16
2.1.7 Προσδιορισμός CaCO ₃	17
2.1.8 Αποτελέσματα μετρήσεων εδαφικών δειγμάτων	19
2.2 Υδατικά δείγματα.....	20
2.2.1 Δειγματοληψία.....	20
2.2.2 Φυσικοχημικές Αναλύσεις Πεδίου (In situ).....	21
2.2.3 Παρακολούθηση Χημικών Παραμέτρων (in vitro)	23
2.2.4 Αποτελέσματα μετρήσεων υδατικών δειγμάτων	29
3. Χωροθέτηση μετεωρολογικών σταθμών στις πιλοτικές περιοχές.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Εγκατάσταση σταθμού και ροόμετρου στον Κάμπο Ριζιών.....	31
3.2 Εγκατάσταση σταθμού και ροόμετρου στον Κάμπο Φυλακίου	32
4. Ανάπτυξη web πλατφόρμας για έκδοση συμβουλών άρδευσης	35
Βιβλιογραφία.....	37

Κατάλογος Εικόνων και Πινάκων

Εικόνα 1. Πιλοτικό αγροτεμάχιο μπρόκολου στην περιοχή Κάμπος Φυλακίου Άρδα.....	7
Εικόνα 2. Πιλοτικό αγροτεμάχιο μπρόκολου στην περιοχή Κάμπος Ρυζιών Ορεστιάδας.....	8
Εικόνα 3. Ιγδίο πορσελάνης.....	10
Εικόνα 4. Λεοτρίβιση και κοσκίνιση.....	10
Εικόνα 5. Κύλινδροι Βουγιούκου.....	12
Εικόνα 6. Τρίγωνο υψής εδάφους.....	13
Εικόνα 7. Πάστα κορεσμού.....	14
Εικόνα 8. Consort multiparameter analyzer και η διαδικασία μέτρησης.....	15
Εικόνα 9. TOC και TN αναλυτές.....	17
Εικόνα 10. Ασβεστόμερο	18
Πίνακας 1. Μετρήσεις εδάφους πιλοτικών αγρών για την περιοχή Ρίζια.....	19
Πίνακας 2. Μετρήσεις εδάφους πιλοτικών αγρών για την περιοχή Φυλάκιο.....	19
Πίνακας 3: Συνθήκες προσδιορισμού των ιόντων με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας.....	27
Πίνακας 4. Αποτελέσματα μετρήσεων υδατικών δειγμάτων γεώτρησης Άρδας.....	29
Εικόνα 11. Χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού στο αγροτεμάχιο στην περιοχή Ρίζια Ορεστιάδας.....	31
Εικόνα 12. Χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού στο αγροτεμάχιο στην περιοχή Κάμπος Φυλακίου.....	32
Πίνακας 5. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Ρίζια.....	33
Πίνακας 6. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Ρίζια (συνέχεια).....	33
Πίνακας 7. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Φυλάκιο.....	34
Πίνακας 8. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Φυλάκιο (συνέχεια).....	34
Εικόνα 13. Αρχική οθόνη πλατφόρμας.....	35
Εικόνα 14. Οθόνη εισαγωγής δεδομένων.....	36
Εικόνα 15. Οθόνη παρουσίασης αρδευτικής δόσης.....	36

Περίληψη

Το παρόν έργο επικεντρώνεται στη βελτίωση του υδατικού αποτυπώματος της καλλιέργειας μπρόκολου στον νομό Έβρου, μέσω της εφαρμογής τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας, αναλύσεων εδάφους και νερού, και αξιοποίησης τηλεμετρικών δεδομένων. Η καλλιέργεια μπρόκολου, αν και νέα στην περιοχή, καταλαμβάνει ήδη 300–400 στρέμματα, με αυξητική τάση και εξαγωγικό προσανατολισμό.

Η πιλοτική εφαρμογή αφορά δύο αντιπροσωπευτικά αγροτεμάχια στο Φυλάκιο και τα Ρίζια Ορεστιάδας, όπου εγκαταστάθηκαν μετεωρολογικοί σταθμοί και ροόμετρα για την καταγραφή των μικροκλιματικών συνθηκών και του όγκου νερού άρδευσης. Πραγματοποιήθηκαν εδαφικές και υδατικές αναλύσεις με στόχο τον προσδιορισμό κρίσιμων φυσικοχημικών παραμέτρων, οργανικών φορτίων και ιόντων, βάσει διεθνών προτύπων.

Παράλληλα, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε πλήρες πρωτόκολλο δειγματοληψίας και μεθοδολογίας αναλύσεων, τόσο στο πεδίο όσο και στο εργαστήριο. Τα δεδομένα καταγράφηκαν και αναλύθηκαν, και ενσωματώθηκαν σε ψηφιακή web πλατφόρμα συμβουλευτικής άρδευσης (<https://sybro.tool.i-bec.org>), που επιτρέπει την έκδοση οδηγιών άρδευσης βάσει πραγματικών και επικαιροποιημένων δεδομένων.

Ο τελικός στόχος είναι η προσαρμογή της άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας σε πραγματικό χρόνο, η μείωση της κατανάλωσης νερού και ενέργειας, η εκπαίδευση των παραγωγών σε βιώσιμες πρακτικές και η προετοιμασία για πιστοποίηση προϊόντων με μειωμένο υδατικό αποτύπωμα.

Το έργο ενισχύει τη σύνδεση έρευνας και αγροτικής παραγωγής και θέτει τις βάσεις για ένα βιώσιμο και τεχνολογικά υποστηριζόμενο αγροδιατροφικό μοντέλο, με δυνατότητες επέκτασης σε άλλες καλλιέργειες και περιοχές.

1. Επιλογή πιλοτικών αγροτεμαχίων

Η καλλιέργεια μπρόκολου είναι σχετικά νέα στην περιοχή του Έβρου, καταλαμβάνοντας έκταση 100–400 στρεμμάτων. Στόχος του έργου είναι η βελτίωση του υδατικού αποτυπώματος της καλλιέργειας του μπρόκολου.

Οι πιλοτικές εκτάσεις βρίσκονται στο Φυλάκιο και στα Ρίζια Ορεστιάδας.

Στο Φυλάκιο Ορεστιάδας βρίσκεται το πρώτο πιλοτικό αγροτεμάχιο με έκταση 30 στρέμματα, στο τοπωνύμιο Κάμπος φυλακίου. Καλλιεργείται η ποικιλία μπρόκολου Ares, με 3.650 φυτά ανά στρέμμα και 109.500 φυτά στο σύνολο του αγροτεμαχίου.

Η προέλευση του αρδευτικού νερού είναι από γεώτρηση και η μέθοδος άρδευσης τεχνητή βροχή (καρούλη 3), με έναν εκτοξευτήρα για κάθε πέρασμα ανά 50 μέτρα.

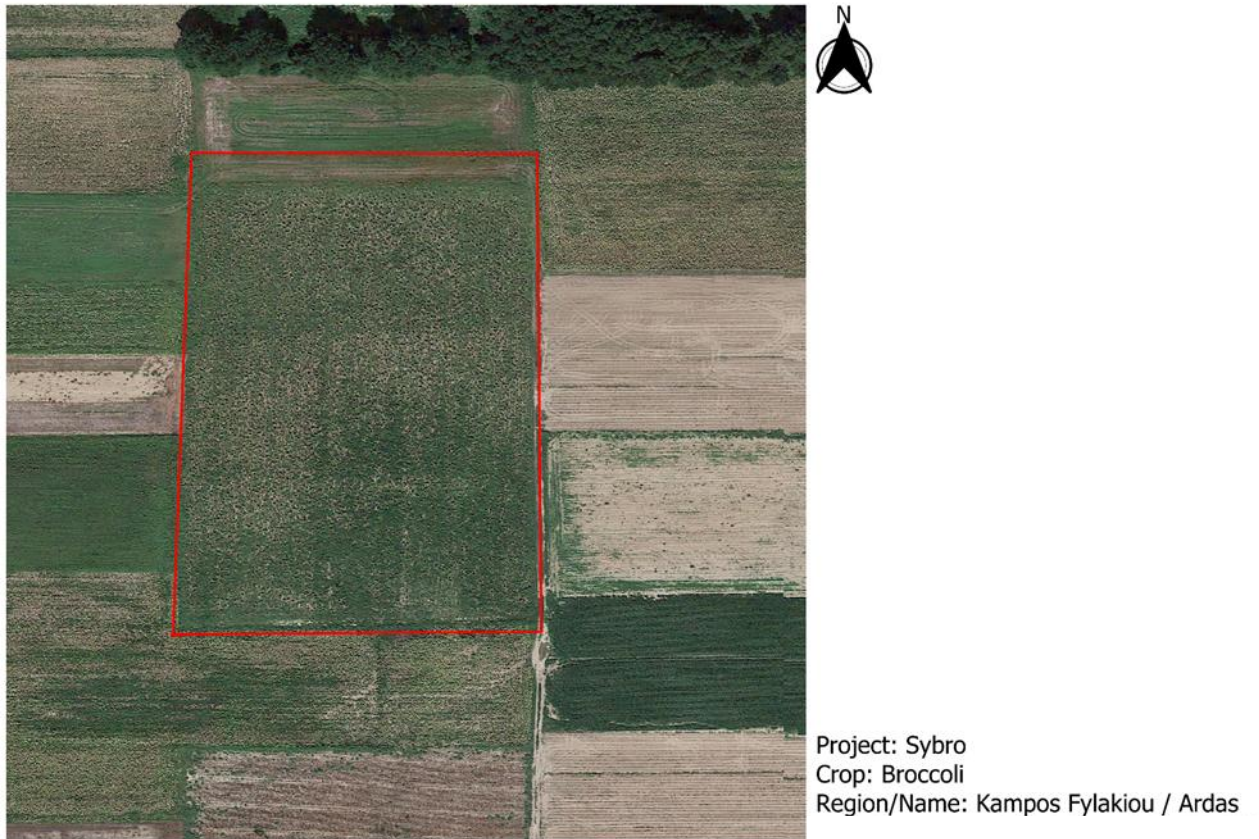
Στα Ρίζια Ορεστιάδας βρίσκεται το δεύτερο πιλοτικό αγροτεμάχιο μπρόκολου, στο τοπωνύμιο Κάμπος Ριζιών.

Το αγροτεμάχιο είναι 13 στρέμματα μπρόκολου και έχει καλλιεργούμενη ποικιλία την Naxos, όπου φυτεύτηκαν 3.560 φυτά ανά στρέμμα. Το σύνολο των καλλιεργούμενων φυτών σε αυτό το πιλοτικό αγροτεμάχιο είναι 47.450 φυτά.

Το σύστημα άρδευσης του αγροτεμαχίου είναι στάγδην, οι αποστάσεις των σταλακτών είναι 40 cm, 0.42 σταλάκτες ανά φυτό, 20.000 σταλάκτες συνολικά στο αγροτεμάχιο, παροχής 2 lt.

Τα μέλη του ΑΣ Άρδα ασχολούνται με τις καλλιέργειες της κερασιάς και του μπρόκολου. Η καλλιέργεια του μπρόκολου είναι σχετικά νέα στην περιοχή καταλαμβάνοντας μία έκταση 300–400 στρεμμάτων. Ο ΑΣ Άρδα διαθέτει μονάδα τυποποίησης του προϊόντος. Πωλήσεις πραγματοποιούνται στην εσωτερική αγορά και την Κύπρο.

Στις ακόλουθες Εικόνες 1 και 2 παρουσιάζονται τα δύο πιλοτικά αγροτεμάχια.



Εικόνα 1. Πιλοτικό αγροτεμάχιο μπρόκολου στην περιοχή Κάμπος Φυλακίου Άρδα.



Project: Sybro
Crop: Broccoli
Region/Name: Kampos Rizion / Orestiada

Εικόνα 2. Πιλοτικό αγροτεμάχιο μπρόκολου στην περιοχή Κάμπος Ρυζιών Ορεστιάδας.

2. Υλοποίηση αναλύσεων εδάφους και νερού

2.1 Εδαφικά δείγματα

Τα εδαφικά δείγματα όταν ληφθούν από το εργαστήριο υπόκεινται σε προκατεργασία και στη συνέχεια πραγματοποιούνται οι αναλύσεις που αφορούν τη μηχανική σύσταση του εδάφους, το pH, αγωγιμότητα, τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού άνθρακα (T.O.C), τον προσδιορισμό του ανθρακικού Ασβεστίου (CaCO_3) και τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου (TN).

2.1.1 Προκατεργασία δειγμάτων

Αεροζήρανση

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- Εργαστηριακός πάγκος

Διαδικασία

Τα δείγματα απλώνονται στους πάγκους του εργαστηρίου σε κόλλες αναφοράς στις οποίες αναγράφεται ο κωδικός του δείγματος και η ημερομηνία δειγματοληψίας και ξηραίνονται με τη μέθοδο της αεροζήρανσης.

Λειοτρίβιση

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- Εργαστηριακός πάγκος
- Ιγδίο πορσελάνης



Εικόνα 3. Ιγδίο πορσελάνης.

Διαδικασία

Το δείγμα το οποίο έχει ξηρανθεί με τη βοήθεια του αέρα λειοτριβείται με τη βοήθεια ιγδίου πορσελάνης.

Κοσκίνιση

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- Εργαστηριακός πάγκος
- Κόσκινο διαμέτρου πόρων 2mm



Εικόνα 4. Λεοτρίβιση και κοσκίνιση.

Διαδικασία

Το αποξηραμένο, λειοτριβημένο αντιπροσωπευτικό δείγμα κοσκινίζεται και υλικό που διέρχεται τους πόρους του κόσκινου μπορεί πλέον να χαρακτηριστεί έδαφος και να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω αναλύσεις.

Κοκκομετρική σύσταση εδάφους (Μέθοδος Βουγιούκου)

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- Εργαστηριακή ζυγαριά
- Ηλεκτρικός αναμείκτης μηχανικής ανάλυσης
- Κύλινδροι Βουγιούκου
- Πλαστικά πώματα κυλίνδρων Βουγιούκου
- Πυκνόμετρο
- Θερμόμετρο

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα διασποράς: Διαλύονται 120 g μεταφωσφορικού νατρίου (NaPO_3)₆ + 21g Na_2CO_3 σε 1 L απιονισμένου νερού (Calgon)
2. Αμυλική αλκοόλη

Διαδικασία

Από το αποξηραμένο, λειοτριβημένο και κοσκινισμένο αντιπροσωπευτικό εδαφικό δείγμα ζυγίζονται 50g και τοποθετούνται στο δοχείο του αναμείκτη. Στη συνέχεια προστίθενται 40ml από το διάλυμα διασποράς πολυηλεκτρολύτη και απιονισμένο νερό μέχρι 5cm κάτω από το χείλος του δοχείου. Πραγματοποιείται ανάδευση σε χαμηλές στροφές για 5 λεπτά. Το περιεχόμενο του κυπέλλου μεταφέρεται ποσοτικά στον ειδικό ογκομετρικό κύλινδρο (Βουγιούκου) και τοποθετείται το πυκνόμετρο. Συμπληρώνεται ο όγκος με απιονισμένο νερό μέχρι την πρώτη χαραγή του κυλίνδρου (1130mL) και στη συνέχεια απομακρύνεται το πυκνόμετρο(ταυτόχρονα δημιουργούμε ένα μάρτυρα).Το στόμιο του κυλίνδρου κλείνεται με πλαστικό πώμα και αναμειγνύεται το περιεχόμενό του αναστρέφοντας τον κύλινδρο

αρκετές φορές. Αφήνεται ο κύλινδρος σε σταθερό σημείο και γρήγορα τοποθετείται το πυκνόμετρο. Σταγόνες αμυλικής αλκοόλης προστίθενται για την απομάκρυνση των αφρών που εμποδίζουν την ανάγνωση του πυκνόμετρου. Με την πάροδο 40sec λαμβάνεται η πρώτη ένδειξη του πυκνόμετρου και ταυτόχρονα με το θερμόμετρο λαμβάνεται η θερμοκρασία του αιωρήματος. Στη συνέχεια απομακρύνεται το πυκνόμετρο προσεκτικά και ξεπλένεται με απιονισμένο νερό. Η πρώτη ένδειξη (Α) αποτελεί το σύνολο του αθροίσματος της ιλύς και της αργίλου, αφού η άμμος έχει καθιζάνει. Ο κύλινδρος αφήνεται σε ηρεμία και με την παρέλευση 2ωρών λαμβάνονται πάλι μετρήσεις με το πυκνόμετρο και το θερμόμετρο. Η δεύτερη ένδειξη (Β) αντιστοιχεί στην άργιλο εφόσον το σύνολο της ιλύος έχει καθιζάνει.



Εικόνα 5. Κύλινδροι Βουγιούκου.

Υπολογισμοί

Η ταχύτητα πτώσης των εδάφικων κοκκών μέσα στον κύλινδρο εξαρτάται από το απόλυτο ιξώδες του μέσου, το οποίο είναι συνατήση της θερμοκρασίας, είναι απαραίτητο να γίνει διόρθωση των τιμών του πυκνόμετρου λόγω θερμοκρασίας ως εξής:

$$T = (\text{θερμοκρασία αιωρήματος} - 20^{\circ}\text{C}) \cdot 0,3$$

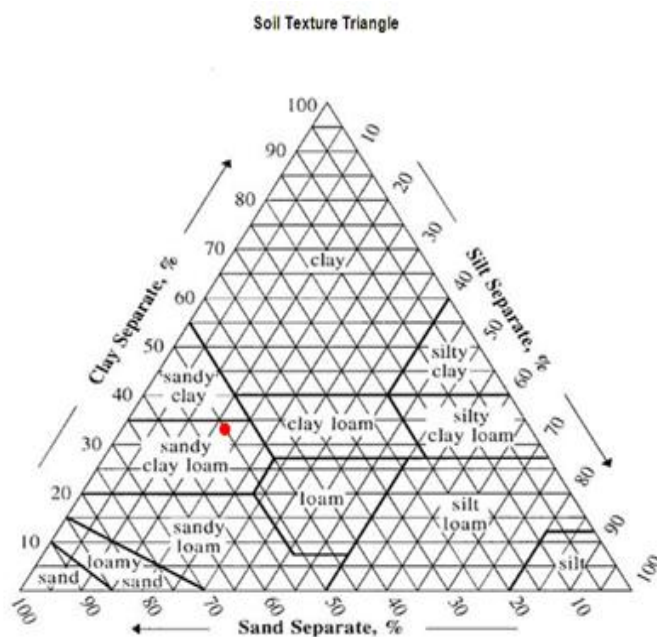
Η διορθωμένη ένδειξη του πυκνόμετρου θα προκύπτει ως:

Ένδειξη πυκνόμετρου + T – Μάρτυρας

$$\text{ΙΛΥΣ} + \text{ΑΡΓΙΛΟΣ}(\%) = (\text{Διορθ. Ένδειξη A/50}) \cdot 100$$

$$\text{ΑΜΜΟΣ}(\%) = 100 - (\text{ΙΛΥΣ} + \text{ΑΡΓΙΛΟΣ}(\%))$$

$$\text{ΑΡΓΙΛΟΣ}(\%) = (\text{Διορθ. Ένδειξη B/50}) \cdot 100$$



Εικόνα 6. Τρίγωνο υφής εδάφους.

2.1.2 Πάστα Κορεσμού για προσδιορισμό pH και Αγωγιμότητας

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- 1) Δοχεία υποδοχής διαλύματος κορεσμού
- 2) Κεραμικές αντλίες διήθησης
- 3) Σύριγγες των 5ml
- 4) Πλαστικά ποτήρια
- 5) Προχοίδα
- 6) Σπάτουλα

Διαδικασία – Εκτέλεση

Ποσότητα εδάφους ανάλογα με την κοκκομετρική σύσταση, συνήθως 100-150gr, ζυγίζεται επακριβώς, μεταφέρεται στα δοχεία υποδοχής και σταδιακά προστίθεται νερό με προχοίδα υπό συνεχή ανάδευση με σπάτουλα

Τα κριτήρια επίτευξης πάστας κορεσμού είναι να μην υπάρχει ελεύθερο νερό στην επιφάνεια του εδάφους η οποία πρέπει να έχει γυαλιστερή όψη και το έδαφος να ρέει ελεύθερα από

την σπάτουλα. Ακόμη όταν ανοιχτεί μικρό αυλάκι με την σπάτουλα στο έδαφος αυτό να κλείνει σταδιακά.

Το διάλυμα κορεσμού αφήνεται 24 ώρες ώστε να γίνει η ανταλλαγή με το νερό.

Ακολουθεί διήθηση με τη χρησιμοποίηση του συστήματος κεραμικών αντλιών.



Εικόνα 7. Πάστα κορεσμού

2.1.3 Προσδιορισμός του εδαφικού pH

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- 1) Πολύμετρο Μέτρησης pH, EC, TDS, Turbidity multi- parameter analyser, Consort C861

Διαδικασία – Εκτέλεση

Βυθίζουμε τα ηλεκτρόδια και τον αισθητήρα θερμοκρασίας του πεχάμετρου- στο αιώρημα και λαμβάνεται η μέτρηση του pH.

Μετά την μέτρηση ξεπλένουμε τα ηλεκτρόδια με απιονισμένο νερό.

Τα ηλεκτρόδια του pH φυλάσσονται εντός διαλύματος 3M KCl.

2.1.4 Προσδιορισμός ειδικής αγωγιμότητας σε έδαφος

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

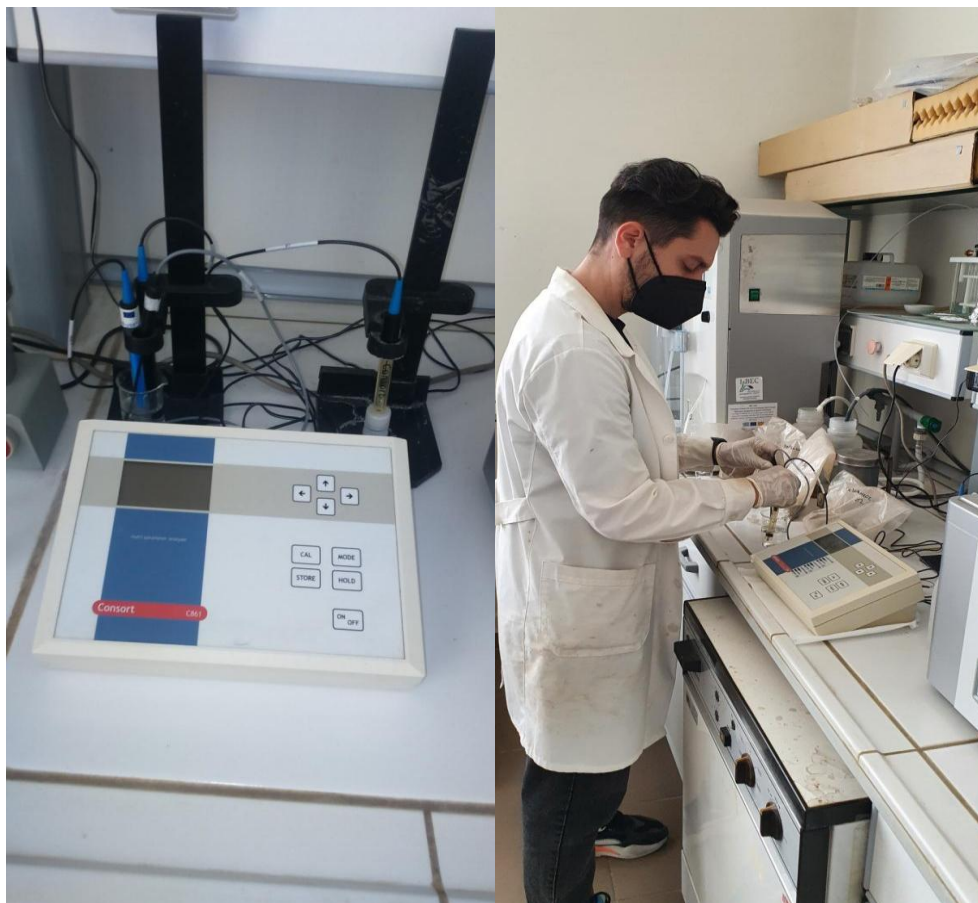
Πολύμετρο Μέτρησης pH, EC, TDS, Turbidity multi- parameter analyser, Consort C861

Διαδικασία – Εκτέλεση

Βυθίζουμε τα ηλεκτρόδια και τον αισθητήρα θερμοκρασίας του αγωγιμόμετρου- στο διήθημα και λαμβάνεται η μέτρηση.

Μετά την μέτρηση ξεπλύνουμε τα ηλεκτρόδια με απιονισμένο νερό.

Τα ηλεκτρόδια της αγωγιμότητας φυλάσσονται σε υπερκάθαρο νερό.



Εικόνα 8. Consort multiparameter analyzer και η διαδικασία μέτρησης.

2.1.5 Προσδιορισμός ολικού οργανικού άνθρακα σε έδαφος

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- 1) Όργανο TOC V-CSN, TN με αυτόματο δειγματολήπτη της εταιρείας Shimadzu.
- 2) Διηθητικά φίλτρα 47mm
- 3) Αντλία κενού

Διαδικασία – Εκτέλεση

Το διηθημένο δείγμα, επαναδιηθείται, οξινίζεται με αραιό υδροχλωρικό οξύ και διαβιβάζεται σε αυτό ρεύμα αέρος, από το όργανο, με σκοπό την απαγωγή όλων των ανόργανων μορφών άνθρακα. Στη συνέχεια, συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος, διαβιβάζεται σε καταλύτη λευκόχρυσου στους 680 °C, όπου ο οργανικός άνθρακας καίγεται προς παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, και ο οποίος ανιχνεύεται σε ανιχνευτή υπερύθρου. Με τη χρήση προτύπων καμπύλων αναφοράς, υπολογίζεται η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο δείγμα. (5310B, APHA AWWA WEF, 2005).

2.1.6 Προσδιορισμός ολικού αζώτου σε έδαφος

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

- 1) Όργανο TNM-1, Σύστημα μέτρησης Ολικού Αζώτου, της εταιρείας Shimadzu
- 2) Διηθητικά φίλτρα 47mm
- 3) Αντλία κενού

Διαδικασία – Εκτέλεση

Το διηθηθέν δείγμα, επαναδιηθείται, οξινίζεται με αραιό υδροχλωρικό οξύ και διαβιβάζεται σε αυτό ρεύμα αέρος, από το όργανο. Στη συνέχεια, συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος, διαβιβάζεται σε καταλύτη λευκόχρυσου στους 680°C, όπου το άζωτο καίγεται προς παραγωγή διοξειδίου του αζώτου, και το οποίο ανιχνεύεται σε ανιχνευτή υπερύθρου, μετά από την αντίδρασή του με το παραγόμενο όζον. Με τη χρήση προτύπων καμπύλων αναφοράς, υπολογίζεται η συγκέντρωση του ολικού αζώτου στο δείγμα.



Εικόνα 9. TOC και TN αναλυτές.

2.1.7 Προσδιορισμός CaCO_3

Μεθοδολογία

Απαιτούμενα υλικά:

1. Ασβεστόμετρο (θερμόμετρο και σωλήνα μέτρησης αερίου)
2. Υδροχλωρικό οξύ (συμπυκνωμένο ή αραιωμένο)
3. Ζυγισμένο δείγμα εδάφους (συνήθως γύρω από 5 γρ)
4. Αναδευτήρας ή γυάλινο ραβδί
5. Δοχεία για ανάμειξη (π.χ., ποτήρια ζέσεως)
6. Πετσέτες ή χαρτί για την καθαριότητα

Διαδικασία – Εκτέλεση

Προετοιμασία του δείγματος:

Ζυγίζουμε περίπου 5 γρ από το έδαφος που θέλουμε να αναλύσουμε. Το δείγμα πρέπει να είναι καλά κοσκινισμένο και να έχει αφαιρεθεί το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό υγρασίας (π.χ., με ξήρανση στον φούρνο).

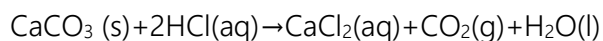
Προετοιμασία του ασβεστομέτρου: Τοποθετούμε το ασβεστόμετρο σε όρθια θέση και βεβαιωνόμαστε ότι το δοχείο του είναι καθαρό. Εάν το ασβεστόμετρο περιέχει υγρά ή αέρια από προηγούμενη χρήση, το καθαρίζουμε και ανανεώνουμε το διάλυμα του.

Αναγνώριση της αντίδρασης: Ρίχνουμε 10 ml υδροχλωρικού οξέος (HCl) στο δείγμα εδάφους. Εάν το δείγμα περιέχει ασβέστιο (CaCO_3), θα παρατηρηθεί άμεση αντίδραση, απελευθερώνοντας CO_2 , το οποίο μπορεί να καταγραφεί με την αύξηση πίεσης στο ασβεστόμετρο.

Ανάγνωση του αποτελέσματος: Παρακολουθούμε την πίεση ή την παραγωγή αερίου που καταγράφεται στο ασβεστόμετρο. Ο όγκος του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται είναι άμεση ένδειξη του ποσού του CaCO_3 στο έδαφος. Η αύξηση του όγκου ή της πίεσης του αερίου (σε μονάδες ml ή atm) χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η ποσότητα του CaCO_3 .

Υπολογισμός: Η ποσότητα του CaCO_3 μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση της αντίδρασης του ασβεστόμετρου. Χρησιμοποιώντας τη στάθμη του CO_2 που απελευθερώνεται και το δείγμα που έχουμε ζυγίσει, υπολογίζετε το ποσοστό του CaCO_3 στο έδαφος.

Η αντίδραση που συμβαίνει είναι:



Υπολογισμός του CaCO_3

Από την ποσότητα του CO_2 που απελευθερώνεται, υπολογίζουμε το ποσό του CaCO_3 στο δείγμα εδάφους μέσω του όγκου CO_2 που μετράμε.

Ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

- Υπολογίζουμε τη μάζα του CO_2 που έχει παραχθεί.
- Χρησιμοποιούμε τον μοριακό τύπο για το CaCO_3 για να μετατρέψουμε την ποσότητα CO_2 σε CaCO_3 .



Εικόνα 10. Ασβεστόμετρο

2.1.8 Αποτελέσματα μετρήσεων εδαφικών δειγμάτων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των εδαφικών δειγμάτων για τις δύο πιλοτικές περιοχές παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2.

Πίνακας 1. Μετρήσεις εδάφους πιλοτικών αγρών για την περιοχή Ρίζια.

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	12/6/2024	15/9/2024
Γεωγραφικό Πλάτος	41.601389	nan
Γεωγραφικό Μήκος	26.319444	nan
Βάθος	0-30cm	0-30cm
Ποσοστό Άμμου (%)	51	49
Ποσοστό Άργιλου (%)	25	20
Ποσοστό Ιλύος (%)	24	31
Αγωγιμότητα (μS/cm)	462	986
pH	7.13	7.12
Ισοδύναμο Ανθρακικού Ασβεστίου (%)	8.1	6.2
Οργανικός Άνθρακας (TOC) (%)	0.98	1.29
Ολικός Αζωτο (N) (%)	1.11	0.4

Πίνακας 2. Μετρήσεις εδάφους πιλοτικών αγρών για την περιοχή Φυλάκιο.

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	12/6/2024	15/9/2024
Γεωγραφικό Πλάτος	41.638611	nan
Γεωγραφικό Μήκος	26.418611	nan
Βάθος	0-30cm	0-30cm
Ποσοστό Άμμου (%)	49	50
Ποσοστό Άργιλου (%)	21	16
Ποσοστό Ιλύος (%)	30	34
Αγωγιμότητα (μS/cm)	472	991
pH	6.92	7.02
Ισοδύναμο Ανθρακικού Ασβεστίου (%)	7.3	5.4
Οργανικός Άνθρακας (TOC) (%)	0.89	1.12
Ολικός Αζωτο (N) (%)	1.07	0.3

2.2 Υδατικά δείγματα

2.2.1 Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία είναι η αρχική ενέργεια για την παρακολούθηση των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων και είναι ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία, όσον αφορά την εξασφάλιση αντιπροσωπευτικού δείγματος, απαλλαγμένου από πιθανές επιμολύνσεις. Η μεθοδολογία δειγματοληψίας στηρίχτηκε στις «αξιόπιστες πρακτικές» λειτουργίας ενός Χημικού Εργαστηρίου και είναι σύμφωνη με τα ISO 5667 περί δειγματοληψίας, ανά περίπτωση δειγματοληψίας υδάτινου σώματος (υπόγεια, επιφανειακά ύδατα, ύδατα μετά από επεξεργασία προς πόσην, κτλ). Ο τρόπος συλλογής των δειγμάτων, ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός καθώς και το είδος των χρησιμοποιούμενων δοχείων δειγματοληψίας και ο όγκος αυτών είναι σύμφωνα με τα οριζόμενα διεθνή πρότυπα «Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater» (APHA- AWWA-WEF, 2005).

Η δειγματοληψία διενεργήθηκε από εκπαιδευμένο προσωπικό σύμφωνα με το προαναφερόμενο ISO 5667 και σύμφωνα με συγκεκριμένη «Οδηγία Διενέργειας Δειγματοληψίας». Στην Οδηγία αυτή, λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιαίτερες συνθήκες διεξαγωγής των δειγματοληψιών, όπως οι κανόνες ασφαλείας αποθήκευσης του εξοπλισμού σε προκαθορισμένους χώρους, κανόνες ασφαλείας κατά την προετοιμασία και μεταφορά του εξοπλισμού, καθώς και κανόνες ασφαλείας στο πεδίο δειγματοληψίας.

Η ομάδα έργου ήταν πλήρως εξοπλισμένη, φέροντας όλο τον προβλεπόμενο εξοπλισμό που απαιτείται, σύμφωνα με τα πρότυπα του ISO 5667 περί δειγματοληψίας. Συγκεκριμένα η ομάδα έργου έφερε μαζί της τα ακόλουθα.

- Δοχείο συλλογής δειγμάτων
- Σχοινί
- Πλαστικά δοχεία συλλογής δειγμάτων 1l ή 500ml για συλλογή δειγμάτων φυσικοχημικών μετρήσεων
- Πλαστικά δοχεία συλλογής δειγμάτων για ανάλυση βαρέων μετάλλων (με προσθήκη 3ml HCL ultrapure)
- Πλαστικές μπότες
- Ολόσωμες στολές (Νιτσεράδες)
- Πλαστικά γάντια μίας χρήσης
- Φορητός πολυαισθητήρας φυσικοχημικών παραμέτρων τύπου EXO KOR 2

- Tablet- PDA καταγραφής αποτελεσμάτων (σύνδεση με τον πολυαισθητήρα μέσω Bluetooth)
- Πρωτόκολλο μετρήσεων πεδίου

Η δειγματοληψία και ανάλογα με την προσβασιμότητα του σημείου έγινε είτε απευθείας είτε με τη χρήση του σχοινιού και του δοχείου συλλογής δειγμάτων όταν η δειγματοληψία έγινε από εξέδρα ή από γέφυρα ορισμένου ύψους.

Ο καθαρισμός του εξοπλισμού πριν τη δειγματοληψία (πλαστικά δοχεία, δοχείο συλλογής δειγμάτων, πλαστική χοάνη, αισθητήρας) έγινε με χρήση αποσταγμένου νερού, ενώ κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας έγινε πλύσιμο του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού με το νερό του υπό παρακολούθηση υδάτινου σώματος (τουλάχιστον 2 φορές).

Η ομάδα έργου μετά το πέρας της δειγματοληψίας σε κάθε σημείο ονομάτισε κάθε δείγμα με άσπρη αυτοκόλλητη ταινία στην οποία αναγράφεται το σημείο δειγματοληψίας, η ημερομηνία δειγματοληψίας, το τύπο ανάλυσης (πχ φυσικοχημικά) και τον αύξοντα αριθμό δείγματος. Στη συνέχεια στο εργαστήριο το δείγμα και το αντιδείγμα έλαβε κωδικό στα πρότυπα του τηρούμενου από το εργαστήριο EN ISO17025:2017.

Τα δείγματα των φυσικοχημικών παραμέτρων (πλαστικά δοχεία 1L) πριν τις μετρήσεις του εργαστηρίου χωρίστηκαν σε δύο ισόποσα δοχεία των 500 ml ώστε το εργαστήριο να διατηρήσει αντιδείγμα από κάθε σημείο.

Με το πέρας της δειγματοληψίας, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ψυγείο συντήρησης και μεταφοράς των δειγμάτων, υπό κατάλληλες συνθήκες (4°C) για τη μεταφορά τους στο Χημικό Εργαστήριο.

2.2.2 Φυσικοχημικές Αναλύσεις Πεδίου (In situ)

Ο προσδιορισμός των παραμέτρων pH, Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας, Διαλυμένου Οξυγόνου, Θερμοκρασίας και Θολρότητας διεξήχθη στο πεδίο με τη χρήση πολύ-παραμετρικού οργάνου προσδιορισμού ποιότητας υδάτων in situ (MP TROLL 9500).

Στο συγκεκριμένο όργανο προσαρμόζεται αισθητήρας για προσδιορισμό pH που αποτελείται από ηλεκτρόδιο pH, ηλεκτρόδιο αναφοράς και θερμομέτρο. Έτσι με εμβάπτιση του

συγκεκριμένου αισθητήρα στο υδατικό δείγμα, διαβάζεται το σήμα στο ηλεκτρόδιο του pH, το οποίο σε συνδυασμό με το ηλεκτρόδιο αναφοράς και τη θερμοκρασία του υδατικού διαλύματος, μετατρέπεται σε τιμή pH για θερμοκρασία αναφοράς 25 °C, σύμφωνα με την εξίσωση του Nernst (EPA, 1983, APHA- AWWA-WEF, 2012).

Η βαθμονόμηση του αισθητήρα έγινε μία ημέρα πριν τις μετρήσεις πεδίου με τα ακόλουθα ρυθμιστικά διαλύματα pH:

pH buffer solution της Εταιρείας Panreac : 4,00 ($\pm 0,02$) στους 20 °C

pH buffer solution της Εταιρείας Panreac: 7,00 ($\pm 0,02$) στους 20 °C

pH buffer solution της Εταιρείας Panreac: 10,00 ($\pm 0,05$) στους 20 °C

Για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιείται αντίστοιχος αισθητήρας ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Η βαθμονόμηση του αισθητήρα έγινε μία ημέρα πριν τις μετρήσεις πεδίου με χρήση των παρακάτω πρότυπων διαλυμάτων ηλεκτρικής αγωγιμότητας:

0,005 M KCl: 718 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C)

0,01 M KCl: 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C)

Η θολρότητα προσδιορίστηκε με τον αντίστοιχο αισθητήρα, με τη νεφελομετρική μέθοδο η οποία στηρίζεται στη σύγκριση της έντασης του σκεδασμένου φωτός σε σχέση με την αντίστοιχη ένταση σε πρότυπο διάλυμα φορμαζίνης.

Η βαθμονόμηση του αισθητήρα έγινε μία ημέρα πριν τις μετρήσεις πεδίου και χρησιμοποιήθηκε υπέρκορο διάλυμα θειώδες νατρίου (Na_2SO_3) για τιμή DO 0% και έκθεση στον αέρα για τιμή DO 100% (APHA AWWA WEF, 2012).

Η μέτρηση του Διαλυμένου Οξυγόνου (DO_2) έγινε με τη χρήση αισθητήρα, ο οποίος έχει εξοπλισθεί με ηλεκτρόδιο επιλεκτικών μεμβρανών. Το ηλεκτρόδιο επιλεκτικών μεμβρανών αποτελείται από δύο στερεά μεταλλικά ηλεκτρόδια σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη, διαχωριζόμενα από το προς μέτρηση δείγμα από μία εκλεκτική μεμβράνη.

Η βαθμονόμηση του αισθητήρα θολρότητας έγινε μία ημέρα πριν τις μετρήσεις πεδίου, με βαθμονόμηση ενός σημείου (1 point calibration), χρησιμοποιώντας standard πολυμερούς

βάσης (100 μονάδες NTU). Το συγκεκριμένο πρότυπο διάλυμα αναφοράς παρασκευάζεται από την ανάμιξη σε συγκεκριμένη αναλογία πρότυπων διαλυμάτων Turbidity Standard Solution A RS και Turbidity Standard Solution B RS της εταιρείας Panreac (2130, APHA AWWA WEF, 2012) και εν συνεχεία αραίωση.

2.2.3 Παρακολούθηση Χημικών Παραμέτρων (in vitro)

Στο εργαστήριο μετρήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD₅)

Υλικά

Για το χαρακτηρισμό του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου χρησιμοποιήθηκε μονάδα προσδιορισμού B.O.D.₅, η οποία αποτελείται από τα εξής:

Α) Μονάδα μαγνητικής ανάδευσης

Β) Μονάδα προσδιορισμού B.O.D.₅ που συνοδεύεται από 6 φιάλες B.O.D.₅, 6 κεφαλές B.O.D.₅, 6 μαγνητάκια ανάδευσης, φιαλίδιο με διάλυμα 45% KOH και ένα φιαλίδιο Nitrification Inhibitor.

Γ) Συσκευή Επώασης Δειγμάτων-Κλίβανος για τήρηση των δειγμάτων στην απαιτούμενη θερμοκρασία για το διάστημα 5 ημερών επώασης.

Η συγκεκριμένη διάταξη δύναται να μετρήσει στις παρακάτω περιοχές:

0-40 mg/lit B.O.D.

0-80 mg/lit B.O.D.

0-200 mg/lit B.O.D.

0-400 mg/lit B.O.D.

0-800 mg/lit B.O.D.

0-2000 mg/lit B.O.D.

0-4000 mg/lit B.O.D.

Επιπλέον διαθέτει προγραμματιζόμενη περίοδο μέτρησης B.O.D. από 1-28 ημέρες καθώς και μνήμη αυτόματης αποθήκευσης των μετρήσεων έως και 28 μετρήσεις. Το σύστημα να ξεκινά την μέτρηση αφού επιτευχθεί η θερμοκρασία των 20°C, ενώ παρέχεται ψηφιακή ένδειξη των αποτελεσμάτων.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία προσδιορισμού του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου στηρίχθηκε σε καθορισμένες εργαστηριακές διαδικασίες ώστε να προσδιορισθεί η κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου υπό συγκεκριμένες και σταθερές συνθήκες επώασης των δειγμάτων. Με βάση τη διεργασία αυτή, μετρήθηκε η κατανάλωση του μοριακού, διαλυμένου οξυγόνου κατά τη διάρκεια επώασης 5 ημερών για την βιοχημική οξείδωση της οργανικής ύλης του δείγματος, καθώς και κάποιων μορφών ανόργανης ύλης, όπως ιόντων δισθενούς σιδήρου και θειωδών ιόντων (5210, APHA AWWA WEF, 2012)

Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (C.O.D.)

Υλικά

Όσον αφορά το προσδιορισμό του Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου χρησιμοποιήθηκε αυτόματος αναλυτής C.O.D., ο οποίος αποτελείται από τα εξής:

- A) Φασματοφωτόμετρο της εταιρείας WTW SPECTROFLEX 6100
- B) Κλειστού τύπου επωαστήρα για τη θέρμανση των φιαλιδίων CR 4200 REACTOR
- Γ) Φιαλίδια επώασης (kit) τα οποία περιέχουν έτοιμα τα αντιδραστήρια για τη διεξαγωγή της ανάλυσης (θειικός άργυρος, θειικός υδράργυρος, χλωριούχος άργυρος, πυκνό θειικό οξύ), με εύρος μέτρησης: COD 15-300mg/l.

Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία προσδιορισμού του Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου στηρίχθηκε στην κατανάλωση του μοριακού, διαλυμένου οξυγόνου κατά τη διάρκεια επώασης 2 ωρών για την χημική οξείδωση της οργανικής ύλης του δείγματος, (5220D, APHA AWWA WEF, 2012).

Ολικός Οργανικός Άνθρακας (T.O.C.)

Υλικά

Χρησιμοποιήθηκε όργανο TOC Analyzer 5000A της εταιρείας Shimadzu, εξοπλισμένο με αυτόματο δειγματολήπτη.

Μεθοδολογία

Το κάθε δείγμα, μετά από διήθηση, οξινίστηκε με αραιό υδροχλωρικό οξύ και διαβιβάστηκε σε αυτό ρεύμα αέρος, από το όργανο, με σκοπό την απαγωγή όλων των ανόργανων μορφών άνθρακα. Στη συνέχεια, συγκεκριμένη ποσότητα δείγματος, διαβιβάστηκε σε καταλύτη λευκόχρυσου στους 680 °C, όπου ο οργανικός άνθρακας καίγεται προς παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα, και ο οποίος ανιχνεύεται σε ανιχνευτή υπερύθρου. Με τη χρήση προτύπων καμπύλων αναφοράς, υπολογίστηκε η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα στο κάθε δείγμα. (5310B, APHA AWWA WEF, 2012).

Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (TSS)

Υλικά

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από συσκευή διήθησης, φίλτρα glass fiber, αναλυτικό ζυγό και κλίβανο.

Μεθοδολογία

Δείγματα όγκου 500ml διηθήθηκαν με τη χρήση προζυγισμένων glass fiber φίλτρων και το κατακρατημένο υπόλειμμα ξηράνθηκε σε κλίβανο στους 103-105 °C, μέχρι ξηρού βάρους. Η αύξηση του βάρους του φίλτρου αντιστοιχεί τη συγκέντρωση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών (TSS) (2540D, APHA AWWA WEF, 2012).

Θρεπτικές ουσίες (ολικός φώσφορος, αντιδρών διαλυμένος φώσφορος, ολικό άζωτο, νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά)

Υλικά

Χρησιμοποιήθηκε όργανο Ιοντικής Χρωματογραφίας LC 20 AD της εταιρείας Shimadzu το οποίο αποτελείται από αναλυτική στήλη, αντλία, φούρνο ρύθμισης θερμοκρασίας και ανιχνευτή αγωγιμότητας.

Μεθοδολογία

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης διαλυτών θρεπτικών ιόντων στα υδάτινα δείγματα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Ιοντικής Χρωματογραφίας (APHA- AWWA-WEF, 2012. 4110-4-5). Συγκεκριμένα, υδατικό δείγμα εγχέεται στο όργανο ιοντικής χρωματογραφίας, αφού έχει διηθηθεί από φίλτρο πορώδους 0,45 μm, για την απομάκρυνση αιωρούμενων και κολλοειδών στερεών. Το δείγμα εγχέεται στην κατάλληλη κινητή φάση ανιόντων ή κατιόντων, και μέσω αντλίας οδηγείται στην κατάλληλη αναλυτική στήλη, ανιόντων ή κατιόντων, αντίστοιχα. Σε αυτή τα προς ανάλυση ιόντα διαχωρίζονται μέσω της προσρόφησης σε κατάλληλο υλικό της στήλης, και εκροφούνται σταδιακά μέσω της κινητής φάσης. Χρησιμοποιείται ανιχνευτής αγωγιμότητας για το ποσοτικό προσδιορισμό των ιόντων, ενώ ο ποιοτικός προσδιορισμός τους επιτυγχάνεται μέσω του χρόνου έκλυσης, ο οποίος διαφοροποιείται ανάλογα με το ιόν. Οι συνθήκες λειτουργίας και οι χρησιμοποιούμενες στήλες και αντιδραστήρια φαίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Συνθήκες προσδιορισμού των ιόντων με τη μέθοδο της ιοντικής χρωματογραφίας.

Είδος Ανάλυσης	Στήλη	Κινητή Φάση	Παροχή Κινητής Φάσης	Θερμοκρασία Στήλης	Πίεση Στήλης
Κατιόντα	IC YK-421	5mM Tartaric Acid + 1mM dipicolinic acid + 24 mM Boric Acid	1 ml/min	25 °C	4.8 MPa
Ανιόντα	IC SI-90 4E	1.8 mM Na ₂ CO ₃ + 1.7 mM NaHCO ₃	1 ml/min	40 °C	5.3 MPa

Πέραν των απαιτούμενων παραμέτρων προσδιορίστηκαν, και οι συγκεντρώσεις θειικών ιόντων, ιόντων φθορίου, χλωρίου, βρωμίου, νατρίου, καλίου, ασβεστίου και μαγνησίου (σύμφωνα με APHA- AWWA-WEF, 2012. 4110-4-5).

Βαρέα Μέταλλα-Ουσίες Προτεραιότητας

Ο προσδιορισμός των μετάλλων σε υδατικά δείγματα γίνεται με Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy). Η τεχνική μέτρησης συνίσταται στην αναρρόφηση του υγρού δείγματος, το οποίο εξατμίζεται ο διαλύτης και τα ιόντα του μετάλλου ατομοποιούνται. Όταν η χαρακτηριστική για κάθε μέταλλο ακτινοβολία σταθερής έντασης, που εκπέμπεται από καθοδική λυχνία, διέρχεται από την φλόγα στην οποία βρίσκονται τα άτομα του μετάλλου, απορροφάται από αυτά και μετράται η μείωσή της, η οποία είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση των ατόμων.

Για τον προσδιορισμό των βαρέων μετάλλων στα θαλάσσια δείγματα χρησιμοποιείται όργανο Φασματοφωτομετρίας Ατομικής Απορρόφησης Perkin Elmer A Analyst 800, ικανό να προσδιορίσει τις συγκεντρώσεις όλων των βαρέων μετάλλων με τις μεθόδους φούρνου γραφίτη, φλόγας και υδριδίων, εξοπλισμένο με αυτόματο δειγματολήπτη. Για κάθε μέταλλο χρησιμοποιείται η αντίστοιχη λυχνία η οποία εκπέμπει κατάλληλου μήκους κύματος ακτινοβολία. Τα δείγματα διηθούνται και οξινίζονται σε pH<2 κατά την παραλαβή τους στο

Χημικό Εργαστήριο, για να αποφευχθούν φαινόμενα συμπλοκοποίησης των βαρέων μετάλλων.

Η μέθοδος ατομοποίησης των παραπάνω μετάλλων είναι αυτή του φούρνου γραφίτη. Το μέταλλο μετά την ατομοποίησή του, απορροφά μέρος της ακτινοβολίας η οποία εκπέμπεται από την αντίστοιχη λυχνία. Η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του μετάλλου. Η ποσοτικοποίηση γίνεται βάσει προτύπου καμπύλης αναφοράς.

Για τις ουσίες προτεραιότητας, ως ιδανικότερη μέθοδος ανάλυσης επιλέχθηκε η Πολυπολλειματική Μέθοδος Προσδιορισμού Φυτοφαρμάκων με εκχύλιση Quechers και LC-MS-MS - ESI QuEChERS (quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe). Πρόκειται για μία μέθοδο εκχύλισης υπολλειματικών φυτοφαρμάκων με γρήγορο, εύκολο και οικονομικό τρόπο. Τα δείγματα ομογενοποιούνται σε επαρκή ποσότητα σε εργαστηριακό αναδευτήρα. Τα αντιδραστήρια και ο διαλύτης εκχύλισης προστίθενται σε σωλήνα φυγοκέντρου μαζί με το δείγμα και εν συνεχεία αναδεύονται. Στο στάδιο αυτό προστίθενται κατάλληλα άλατα για την προστασία των προς ανάλυση ουσιών και για την ρύθμιση του pH για αποτελεσματικότερη παραλαβή. Στη συνέχεια γίνεται ο καθαρισμός-cleanup και το δείγμα διηθείται και εισάγεται στον υγρό χρωματογράφο. Ο υγρός χρωματογράφος συζευγμένης μάζας LC-MS-MS - ESI επιτρέπει εκλεκτικά σε δεδομένη στιγμή έκλουσης την είσοδο ιονισμένων ουσιών με συγκεκριμένο μοριακό βάρος. Στη συνέχεια υπό ορισμένες συνθήκες θραυσματοποιεί την ιονισμένη ουσία και παρακολουθεί 2 θράυσματα, το πρώτο χρησιμοποιείται για την επιβεβαίωση της ύπαρξης της εν λόγω ουσίας και το άλλο για την ποσοτικοποίηση της. Με χρήση κατάλληλου λογισμικού γίνεται η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων από έμπειρο αναλυτή.

2.2.4 Αποτελέσματα μετρήσεων υδατικών δειγμάτων

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων των υδατικών δειγμάτων από γεώτρηση στην περιοχή της Άρδας.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα μετρήσεων υδατικών δειγμάτων γεώτρησης Άρδας.

Κατηγορία	Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
Αναλύσεις Πεδίου	pH	-	8,21
	EC	μS/cm	162
	DO	mg/l	7,02
	Θερμοκρασία	°C	7,53
	Θολρότητα	NTU	5,6
Αναλύσεις Εργαστηρίου	BOD5	mg/l	3,60
	COD	mg/l	8,10
	TOC	mg/l	3,61
	TSS	mg/l	3,01
	TDS	mg/l	1,03
	Ολικός φώσφορος	mg/l	n.d.
	Φωσφορικά Ιόντα	mg/l	n.d.
	Νιτρικά Ιόντα	mg/l	0,210
	Νιτρώδη Ιόντα	mg/l	n.d.
	Αμμωνιακά Ιόντα	mg/l	n.d.
	Ιόντα Νατρίου	mg/l	7,92
	Ιόντα Καλίου	mg/l	53,11
	Ιόντα Ασβεστίου	mg/l	32,14
	Ιόντα Μαγνησίου	mg/l	3,15
	Ιόντα Φθορίου	mg/l	1,12

Κατηγορία	Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή
	Ιόντα Χλωρίου	mg/l	37,11
	Ιόντα Βρωμίου	mg/l	n.d.
	Θειικά Ιόντα	mg/l	24,11

3. Χωροθέτηση μετεωρολογικών σταθμών στις πιλοτικές περιοχές

3.1 Εγκατάσταση σταθμού και ροόμετρου στον Κάμπο Ριζιών

Στις 28/07/23 πραγματοποιήθηκε σε αντιπροσωπευτικές θέσεις της καλλιέργειας, η εγκατάσταση τηλεμετρικού σταθμού για την παρακολούθηση των μικροκλιματικών συνθηκών και ροόμετρου για την παρακολούθηση της χρήσης του αρδευτικού νερού, στο πιλοτικό αγροτεμάχιο, στα 13 στρέμματα μπρόκολου, στην περιοχή Ρίζια Ορεστιάδας (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού στο αγροτεμάχιο στην περιοχή Ρίζια Ορεστιάδας.

3.2 Εγκατάσταση σταθμού και ροόμετρου στον Κάμπο Φυλακίου

Στις 10/08/23 πραγματοποιήθηκε σε αντιπροσωπευτική θέση της καλλιέργειας, η εγκατάσταση τηλεμετρικού σταθμού για την παρακολούθηση των μικροκλιματικών συνθηκών και ροόμετρου για την παρακολούθηση της χρήσης του αρδευτικού νερού, στο πιλοτικό αγροτεμάχιο στην περιοχή Κάμπος Φυλακίου, έκτασης 30 στρέμματα.



Εικόνα 12. Χωροθέτηση μετεωρολογικού σταθμού στο αγροτεμάχιο στην περιοχή Κάμπος Φυλακίου.

Οι μετρήσεις των μετεωρολογικών σταθμών αποτυπώνονται αυτόματα στην πλατφόρμα <https://gaiasense.neuropublic.gr/gaiaexmon/index.php>, στην οποία έχουν πρόσβαση τόσο οι παραγωγοί όσο και οι γεωργικοί σύμβουλοι, για τη συνεχή παρακολούθησή τους. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την έγκαιρη λήψη αποφάσεων και την υλοποίηση των κατάλληλων ενεργειών στις καλλιέργειες. Ενδεικτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 5 και 6 για την περιοχή Ρύζια και στους Πίνακες 7 και 8 για την περιοχή Φυλάκιο.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Ρίζια.

Ημερομηνία	Σχετική Υγρασία Φύλλου 1 (%)	Σχετική Υγρασία Φύλλου 2 (%)	Σχετική Υγρασία (%)	Υγρασία Εδάφους 10cm [DND]	Υγρασία Εδάφους 20cm [DND]	Υγρασία Εδάφους 30cm [DND]	UV	Φωτοβολταϊκό Πάινελ (V)	Ατμοσφαιρική Πίεση (mbar)	Αλατότητα Εδάφους 10cm [DND]	Αλατότητα Εδάφους 20cm [DND]	Αλατότητα Εδάφους 30cm [DND]	Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου (km/h)
2025-04-30 04:00:00	91.67	85.0	82.33	0.01	0.04	0.13	0.0	122.0	1017.52	234.04	292.1	310.81	3.05
2025-04-30 03:00:00	85.83	77.0	78.33	0.01	0.04	0.13	0.0	122.0	1017.59	237.23	292.0	310.13	5.13
2025-04-30 02:00:00	75.83	68.17	70.17	0.01	0.04	0.13	0.0	122.0	1018.07	235.55	290.67	307.97	5.2
2025-04-30 01:00:00	79.67	70.83	70.67	0.01	0.04	0.12	0.0	122.0	1018.49	234.54	292.57	309.31	0.92
2025-04-30 00:00:00	73.33	66.83	67.5	0.01	0.04	0.12	0.0	122.0	1018.64	240.94	293.24	312.84	1.3
2025-04-29 23:00:00	62.67	56.5	55.67	0.01	0.04	0.12	0.0	122.0	1018.48	242.22	294.11	316.39	1.4
2025-04-29 22:00:00	57.5	53.0	52.83	0.01	0.04	0.12	0.0	122.0	1018.09	252.26	299.6	322.87	1.82
2025-04-29 21:00:00	44.33	41.17	42.67	0.01	0.04	0.12	0.67	122.0	1017.75	262.93	305.25	329.89	4.78
2025-04-29 20:00:00	35.83	33.5	36.17	0.01	0.03	0.12	14.83	133.0	1017.78	271.75	309.86	339.15	3.05
2025-04-29 19:00:00	31.5	28.83	32.33	0.01	0.03	0.12	43.0	146.17	1017.89	275.63	312.14	346.19	11.9

Πίνακας 6. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Ρίζια (συνέχεια).

Διεύθυνση Ανέμου	Βροχόπτωση (mm)	Θερμοκρασία Φύλλου 1 (°C)	Θερμοκρασία Φύλλου 2 (°C)	Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	Θερμοκρασία (°C) Εδάφους 10cm [DND]	Θερμοκρασία (°C) Εδάφους 20cm [DND]	Θερμοκρασία (°C) Εδάφους 30cm [DND]
—	0.0	2.95	2.68	3.9	3.95	4.42	6.28
↗	0.0	4.2	3.93	5.03	4.38	4.48	6.29
↗	0.0	3.48	3.15	4.43	3.76	4.17	5.87
—	0.0	2.1	1.85	3.45	3.78	5.27	6.81
—	0.0	3.52	3.12	4.5	5.39	6.11	7.79
—	0.0	5.08	4.78	6.7	5.92	7.02	8.94
—	0.0	6.78	6.45	7.93	9.35	9.44	10.79
↖	0.0	10.78	10.43	11.5	11.77	11.59	12.41
—	0.0	15.62	15.65	15.55	15.23	14.81	15.37
↖	0.0	17.18	17.4	16.73	16.92	16.47	16.96

Πίνακας 7. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Φυλάκιο.

Ημερομηνία	Σχετική Υγρασία Φύλλου 1 (%)	Σχετική Υγρασία Φύλλου 2 (%)	Σχετική Υγρασία (%)	Υγρασία (%) Εδάφους 10cm [DND]	Υγρασία (%) Εδάφους 20cm [DND]	Υγρασία (%) Εδάφους 30cm [DND]	UV	Φωτοβολταϊκό Πάνελ (V)	Ατμοσφαιρική Πίεση (mbar)	Αλατότητα Εδάφους 10cm [DND]	Αλατότητα Εδάφους 20cm [DND]	Αλατότητα Εδάφους 30cm [DND]	Μέσος όρος ταχύτητας ανέμου (km/h)
2025-04-30 15:00:00	29.5	35.83	35.67	0.0	0.0	0.97	333.5	161.0	1014.87	193.8	230.09	1267.96	15.68
2025-04-30 14:00:00	36.5	45.17	44.33	0.0	0.0	1.0	363.83	159.33	1015.69	192.73	227.28	1277.57	14.18
2025-04-30 13:00:00	36.33	44.0	43.33	0.0	0.0	1.03	338.83	157.0	1016.38	188.73	224.75	1290.84	14.92
2025-04-30 12:00:00	41.33	44.67	46.17	0.0	0.0	1.07	266.5	152.83	1016.99	188.19	220.55	1303.76	11.28
2025-04-30 11:00:00	54.83	52.83	59.0	0.0	0.0	1.1	122.67	142.17	1017.43	177.78	216.34	1298.16	7.6
2025-04-30 10:00:00	67.17	57.83	65.67	0.0	0.0	1.13	67.5	126.0	1017.2	171.35	209.57	1279.31	6.2
2025-04-30 09:00:00	90.5	67.83	78.83	0.0	0.0	1.15	55.0	126.0	1017.43	159.3	200.18	1255.51	2.43
2025-04-30 08:00:00	99.83	86.67	86.5	0.0	0.0	1.14	29.83	124.83	1016.79	152.1	191.57	1226.21	0.65
2025-04-30 07:00:00	99.0	98.5	87.0	0.0	0.0	1.13	5.0	123.33	1016.15	150.45	189.11	1217.38	0.0
2025-04-30 06:00:00	99.0	99.0	86.5	0.0	0.0	1.13	0.0	123.0	1015.91	150.69	190.02	1220.9	0.0

Πίνακας 8. Αποτελέσματα μετρήσεων μετεωρολογικού σταθμού στην περιοχή Φυλάκιο (συνέχεια).

Διεύθυνση Ανέμου	Βροχόπτωση (mm)	Θερμοκρασία Φύλλου 1 (°C)	Θερμοκρασία Φύλλου 2 (°C)	Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	Θερμοκρασία (°C) Εδάφους 10cm [DND]	Θερμοκρασία (°C) Εδάφους 20cm [DND]	Θερμοκρασία (°C) Εδάφους 30cm [DND]	Διύγρυνση Φύλλου Α (h)	Διύγρυνση Φύλλου Β (h)	Διύγρυνση Φύλλου Κανονική (h)	Ηλ. Ακτινοβολία Copernicus (wh/m2)
↖	0.0	25.62	20.05	19.52	20.93	20.04	16.33	0.0	0.0	0.0	null
↓	0.0	23.93	18.37	18.23	19.68	18.13	15.33	0.0	0.0	0.0	null
↓	0.0	22.15	17.13	17.05	16.91	16.53	14.01	0.0	0.0	0.0	null
↓	0.0	19.35	16.53	15.68	14.47	14.44	12.31	0.0	0.0	0.0	null
→	0.0	16.22	16.03	13.63	11.89	12.03	10.52	0.0	0.0	0.0	null
→	0.0	11.77	13.83	10.98	8.55	8.87	8.43	0.0	0.0	0.0	null
→	0.0	6.48	10.8	7.08	4.63	4.81	6.2	0.5	0.0	0.5	null
→	0.0	0.98	4.58	2.22	1.83	1.86	4.55	1.0	0.83	1.0	null
→	0.0	-2.85	-1.88	-0.85	1.11	1.1	4.22	1.0	0.17	1.0	null
↖	0.0	-3.1	-2.5	-0.93	1.43	1.4	4.62	1.0	1.0	1.0	null

4. Ανάπτυξη web πλατφόρμας για έκδοση συμβουλών άρδευσης

Στο πλαίσιο του έργου Sybro αναπτύχθηκε μια διαδικτυακή πλατφόρμα (<https://sybro.tool.i-bec.org/>), η οποία παρέχει στους παραγωγούς οδηγίες σχετικά με την απαιτούμενη ποσότητα άρδευσης για το αγροτεμάχιο τους, ανάλογα με το χρονικό διάστημα που θα επιλέξουν. Η πλατφόρμα αντλεί δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στην εκάστοτε περιοχή, καθώς και από τις μετρήσεις των εδαφολογικών χαρακτηριστικών αλλά και πληροφορίες που παρέχονται για την καλλιέργεια.

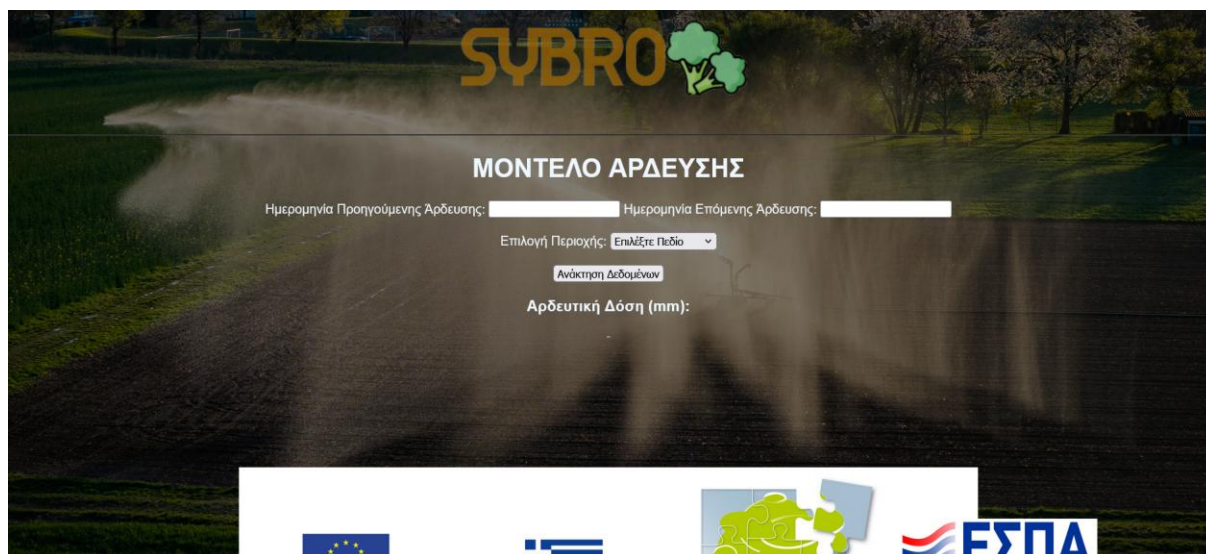
Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται η αρχική οθόνη της πλατφόρμας. Μετά την είσοδο στο σύστημα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει (Εικόνα 14):

- την ημερομηνία της προηγούμενης άρδευσης,
- την ημερομηνία της επόμενης επιθυμητής άρδευσης,
- και να επιλέξει το αγροτεμάχιο από τον διαθέσιμο κατάλογο.

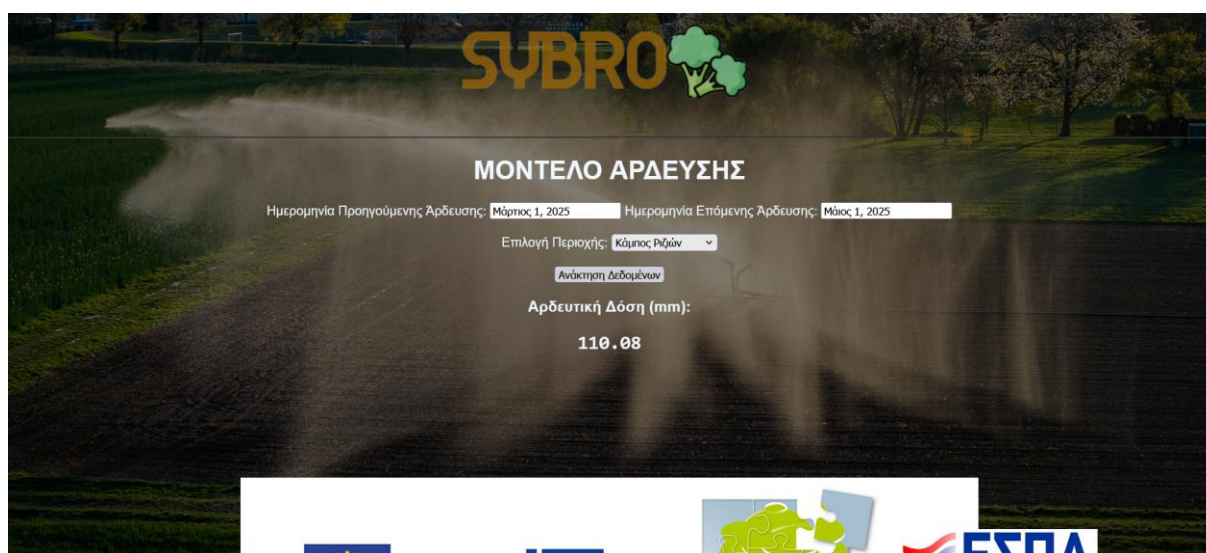
Στη συνέχεια, με την επιλογή "Ανάκτηση δεδομένων", το σύστημα επεξεργάζεται τις πληροφορίες και προτείνει την κατάλληλη αρδευτική δόση σε mm (Εικόνα 15).



Εικόνα 13. Αρχική οθόνη πλατφόρμας.



Εικόνα 14. Οθόνη εισαγωγής δεδομένων.



Εικόνα 15. Οθόνη παρουσίασης αρδευτικής δόσης.

Βιβλιογραφία

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).

Lukas, W. (1991). *Soil Testing and its Applications*. Springer-Verlag.

Smith, K. A., McLaren, A. D. D. (2004). *Soil Analysis: A Handbook of Physical and Chemical Methods*. CRC Press.

Klute, A. (1986). *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy.

Rattan, R. S., Rawat, D. S. (2005). *Principles and Practices of Soil Science: The Soil as a Natural Resource*. Blackwell Publishing.

Jones, J. Benton Jr. (2003). *Soil Fertility and Fertilizers*. Pearson Education.

Boyd, C. E. (2000). *Water Quality: An Introduction*. Springer.

Sparks, D. L. (2003). *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press.

B. A. L. J. (2011). *Environmental and Pollution Science*. Elsevier.