



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ, ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ, ΥΔΑΤΙΚΟ
ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ
ΕΛΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ
ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ**



Φοιτητής: Γιαννέλος Μάρκος

Επιβλέπων: Τσιρογιάννης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Άρτα, Δεκέμβριος, 2021

**WATER NEEDS, IRRIGATION PRACTICE, WATER
FOOTPRINT AND USE OF SMART AGRICULTURE
SYSTEMS FOR IRRIGATED OLIVE GROVES IN
FRAMEWORK OF A LAND RECLAMATION
ORGANISATION**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα,

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Τσιρογιάννης Ιωάννης, MSc., PhD. Αναπληρωτής Καθηγητής.

2. Μέλος επιτροπής

Πατακιούτας Γεώργιος

3. Μέλος επιτροπής

Καριπίδης Χαράλαμπος

© Γιαννέλος Μάρκος, 2021.


Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Γιαννέλος Μάρκος

Υπογραφή

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned below the text 'Υπογραφή'.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ εγκάρδια τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Τσιρογιάννη Ιωάννη και τη συνεργάτη του κ. Φωτιά Κωνσταντίνα για τη συνεργασία, την βοήθεια και την υπομονή που έδειξαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τον πρόεδρο του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας κ. Βίτσιο Σταύρο, τον ιδιοκτήτη του πειραματικού ελαιώνα κ. Κατσαούνο Δημήτριο και φυσικά την οικογένεια μου για τη στήριξη που μου πρόσφερε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε νερό στον πλανήτη καθώς και η κλιματική αλλαγή δημιουργούν αβεβαιότητα για την διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Δεδομένου ότι το 70% του νερού που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη αφορά τη γεωργία, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη εφαρμογής ορθών γεωργικών πρακτικών με σκοπό την εξοικονόμηση νερού αλλά και την αποφυγή ρύπανσης αυτού λόγω της χρήσης φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων και λιπασμάτων. Σε αυτή τη κατεύθυνση έχουν αναπτυχθεί εργαλεία σχεδιασμού στρατηγικής για την βιώσιμη διαχείριση του νερού. Τα συστήματα συμβουλής άρδευσης συλλέγουν πληροφορίες από δίκτυα αγρο-μετεωρολογικών σταθμών και αξιοποιώντας επίσης την πρόγνωση του καιρού και πληροφορίες σχετικά με το αγροτεμάχιο, επί τη βάση ισοζυγίου νερού, αναπτύσσουν συμβουλές ορθολογικής άρδευσης. Το υδατικό αποτύπωμα ποσοτικοποιεί την κατανάλωση και τη ρύπανση του νερού και δίνει τα σημεία στα οποία μπορούμε να επέμβουμε για να μειώσουμε τις επιδράσεις στο περιβάλλον.

Ο ελαιοκομικός τομέας αποτελεί βασικό συντελεστή της οικονομίας της Ελλάδας η οποία κατατάσσεται στη δεύτερη θέση παγκοσμίως στην παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς. Η Κονσερβολιά Άρτας είναι προϊόν Προστατευόμενης-Γεωγραφικής-Ένδειξης και είναι στενά συνδεδεμένη με την περιοχή της Άρτας και την οικονομία της. Ενώ θεωρείται παραδοσιακά ξηρική καλλιέργεια η άρδυσή της αυξάνεται τις τελευταίες δεκαετίες αφενός για να αντιμετωπισθούν οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας και αφετέρου λόγω εντατικοποίησης της καλλιέργειας. Στο γενικό πλαίσιο της διασφάλισης των υδάτινων πόρων είναι αναγκαία η υιοθέτηση βιώσιμων καλλιεργητικών πρακτικών.

Στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκε η επικρατούσα αρδευτική πρακτική στην καλλιέργεια Κονσερβολιάς Άρτας και συγκρίθηκε με την αντίστοιχη που προκύπτει από την εφαρμογή του συστήματος ορθολογικής διαχείρισης άρδευσης IRMA_SYS. Συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με τον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας που εξυπηρετεί μεγάλο μέρος της καλλιέργειας στην περιοχή, υπολογίστηκαν τα όρια χρήσης νερού και οι υδατικές ανάγκες σε αντιπροσωπευτικό ελαιώνα με τη χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας ενώ το Υδατικό Αποτύπωμα έδειξε τα σημεία που πρέπει να επέμβει ο ελαιοκαλλιεργητής της για να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Λέξεις-κλειδιά: Συστήματα παροχής συμβουλής άρδευσης, Υδατικό Αποτύπωμα, Κονσερβολιά Άρτας ΠΓΕ, ΤΟΕΒ

ABSTRACT

Increasing global water demands as well as climate change create uncertainty about the availability of water resources. Since the 70% of freshwater in Europe is used for agricultural purposes, it becomes clear the need for application of good agricultural practices in order to reserve water resources and avoid their pollution due to application of plant protection products and fertilizers. Towards this direction tools for the drawing of sustainable water management strategies have been developed. Decision Support Systems for irrigation collect information from networks of agro-meteorological stations and taking also into account the weather forecast as well as information about the plot, on the basis of water balance, develop advice for sustainable irrigation. The Water Footprint quantifies water consumption and pollution and gives the hot-spots where the olive grower can intervene in order to reduce the effects on the environment.

The olive sector is a key factor in the Greek economy and is ranked as the second most significant global exporter for table olives. Konservolia of Arta is a Protected-Geographical-Indication product and is closely linked to the area of Arta and its economy. While traditionally it is cultivated as a rainfed crop, application of irrigation has been largely employed the last decades in order to confront prolonged droughts and also due to the intensification of the cultivation. In the framework of water resources reservation, it is necessary to adopt sustainable cultivation practices.

In the present work, the common irrigation practice in the cultivation of Konservolia of Arta was assessed and compared with the implementation of the DSS IRMA_SYS. Information was collected regarding the Local Land Reclamation Organization of Grammenitsa-Vlacherna which serves a large part of the crops in the area, the water use limits, and crop water needs were calculated in a typical olive grove of the area using precision agriculture systems while the Water Footprint Assessment revealed the hot spots where the grower should intervene in order to reduce the environmental impact.

Keywords: Decision support systems, Water Footprint, Konservolea Arta PGI, LLRO

1. Πίνακας περιεχομένων

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	1
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Κατάσταση υδατικών πόρων στην Ελλάδα.....	1
1.2 Ελαιοκαλλιέργεια στην Ελλάδα – τρέχουσα κατάσταση.....	2
1.3 Κονσερβολιά Άρτας ΠΓΕ.....	3
2. Περιγραφή του Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων Γραμμενίτσας - Βλαχέρνας.....	6
2.1 Αρδευτικό δίκτυο.....	7
2.2 Ποσότητα και ποιότητα νερού.....	11
3. Αρδευτική πρακτική για την ελιά.....	12
3.1 Γενικά.....	12
3.2 Υδατικές απαιτήσεις και επίδραση στην παραγωγή.....	15
3.3 Σύστημα άρδευσης.....	15
3.4 Ποιότητα νερού.....	17
3.5 Τήρηση Ορθής Αγροτικής Πρακτικής και υποχρεώσεων συστημάτων ποιότητας.....	18
3.6 Όρια χρήσης νερού.....	19
3.7 Εκτίμηση αναγκών σε νερό για την καλλιέργεια της ελιάς με βάση την μεθοδολογία του FAO.....	20
4. Χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας για συμβουλές άρδευσης.....	22
4.1 Συστήματα παροχής συμβουλών σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης.....	22
4.2 IRMA_SYS.....	24
4.3 CROPWAT.....	26
5. Υδατικό Αποτύπωμα.....	30
5.1 Υπολογισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος.....	34
5.2 Υπολογισμός Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος.....	35
5.3 Υπολογισμός Γκρίζου Υδατικού Αποτυπώματος.....	36
5.4 Σημασία και ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος.....	38
5.5 Αξιοποίηση του ΥΑ ως εργαλείο ορθολογικής άρδευσης.....	43
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	47
6. Σκοπός.....	47
7. Υλικά και Μέθοδοι.....	47
7.1 Γεωγραφική θέση.....	47
7.2 Μετεωρολογικά – κλιματικά στοιχεία της περιοχής.....	48
7.3 Περιγραφή του ελαιώνα.....	50
7.4 Άρδευση.....	50

7.5 Μεταχειρίσεις.....	51
7.6 Μετρήσεις παραμέτρων και λήψη δεδομένων	51
7.7 Προσδιορισμός Μηχανικής Σύσταση εδάφους	54
7.8 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	55
7.9 Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής	55
7.10 Παραμετροποίηση του DSS	55
8. Αποτελέσματα.....	58
8.1 Σύγκριση με βάση την πρακτική που ακολουθήθηκε	58
8.2 Υπολογισμός Υδατικού αποτυπώματος.....	59
9. Συμπεράσματα	64
9.1 Σύγκριση με βάση την πρακτική που ακολουθήθηκε	64
9.2 Υδατικό Αποτύπωμα καλλιέργειας.....	64
10. Βιβλιογραφία.....	67

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1.1 Αρδευόμενη και αρδεύσιμη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης το 2016 (Πηγή: Eurostat).....	1
Εικόνα 2.1 Συνέλευση του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας Βλαχέρνας και ενημέρωση των παραγωγών από το τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστήμιου Ιωαννίνων (27/6/2021)	6
Εικόνα 2.2 Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου (EL05) και στη Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αράχθου (EL0514).....	7
Εικόνα 2.3. Η περιοχή του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας (Google Earth).....	8
Εικόνα 2.4. Κρουνός υδροληψίας	9
Εικόνα 2.5. Αρδευόμενος από τον ΤΟΕΒ ελαιώνας με φόντο το υδροηλεκτρικό φράγμα Πουρναρίου.	10
Εικόνα 2.6. Αντλιοστάσιο του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας -Βλαχέρνας και δεξαμενή νερού στη θέση Κωστήλιες με φόντο την πόλη της Άρτας.	11
Εικόνα 3.1 Άρδευση ελαιώνα με μικροεκτοξευτήρες.....	13
Εικόνα 3.2 Ετήσιος κύκλος ανάπτυξης και παραγωγής της ελιάς (Χαρτζουλάκης, 2019)..	14
Εικόνα 3.3 Περίπτωση μη ορθολογικής αρδευτικής πρακτικής. Παρατηρούνται σημεία λιμναζόντων υδάτων λόγω υπεράρδευσης.	19
Εικόνα 3.4 Υπολογισμοί αναγκών καλλιέργειας ελιάς σε νερό στην Ήπειρο (Υπουργείο Γεωργίας, 1989) με χρήση της εφαρμογής IRMA_SYS OPIA (https://play.google.com/store/apps/details?id=org.goodagro.irmasysoria&hl=en_US&gl=US).....	20

Εικόνα 3.5 Υδατικές Ανάγκες καλλιέργειας ελιάς στην περιοχή της Γραμμενίτσας Άρτας όπως προκύπτει έπειτα από τη χρήση του CROPWAT	21
Εικόνα 4.1 Το «Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας» (https://arta.irmasys.eu/)	25
Εικόνα 4.2 Εισαγωγή δεδομένων στο CROPWAT για τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών καλλιέργειας ελιάς στην περιοχή Γραμμενίτσας Άρτας	28
Εικόνα 4.3 Μετεωρολογικοί σταθμοί στην Ελλάδα της βάσης δεδομένων του CLIMAWAT	29
Εικόνα 5.1 Το ισοζύγιο «εικονικού» νερού ανά χώρα και ανά κατεύθυνση διακίνησης/ροής μέσω του εμπορίου των αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων το διάστημα 1995-2005 (το πάχος του βέλους απεικονίζει και το μέγεθος της διακίνησης/ροής) (Mekonnen & Hoekstra, 2011)	31
Εικόνα 5.2 Τα τρία συστατικά που συνθέτουν το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα, Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα).....	32
Εικόνα 5.3 Γραφική απεικόνιση του υπολογισμού του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος	34
Εικόνα 5.4 Διαφορά Υδατικού Αποτυπώματος με τους παραδοσιακούς δείκτες χρήσης νερού.....	38
Εικόνα 5.5 Τα 4 βήματα στην ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος.....	39
Εικόνα 7.1 Πειραματική περιοχή: Γραμμενίτσα Άρτας στη Βορειοδυτική Ελλάδα	47
Εικόνα 7.2 Γραμμενίτσα Άρτας (Google Earth)	48
Εικόνα 7.3 Ομβροθερμικό διάγραμμα Άρτας (ΕΜΥ, 2021).....	49
Εικόνα 7.4 Πειραματικός ελαιώνας στη Γραμμενίτσα Άρτας	50
Εικόνα 7.5 Υδρόμετρο.....	52
Εικόνα 7.6 Αισθητήρας υγρασίας και εγκατάσταση αισθητήρα.....	53
Εικόνα 7.7 Λήψη δεδομένων αισθητήρων υγρασίας	53
Εικόνα 7.8 Λήψη δείγματος εδάφους από τον πειραματικό ελαιώνα και προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.....	54
Εικόνα 7.9 Δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας στην Ήπειρο και στην πεδιάδα της Άρτας	55
Εικόνα 7.10 Πεδίο παραμετροποίησης του αγροτεμαχίου στο IRMA_SYS	56
Εικόνα 7.11 Πεδίο καταχώρησης των αρδεύσεων στο IRMA_SYS.....	57
Εικόνα 8.1 Διάγραμμα αρδευτικής αποδοτικότητας για τον ελαιώνα την αρδευτική περίοδο 2021 όπως παρέχεται από το IRMA_SYS	59

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 3.1 Μηνιαίες Υδατικές Ανάγκες και Ανάγκες Άρδευσης καλλιέργειας ελιάς στην περιοχή της Γραμμενίτσας Άρτας για το έτος 2021	22
Πίνακας 5.1 Κατευθύνσεις μείωσης Υδατικού Αποτυπώματος ανά παραγωγικό τομέα και ανά συστατικό ΥΑ.....	43
Πίνακας 8.1 Ποσότητα εφαρμοζόμενης άρδευσης στις τρεις μεταχειρίσεις	60

Πίνακας 8.2 Υπολογισμός Πράσινου και Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος της ελαιοκαλλιέργειας	61
Πίνακας 8.3 Υπολογισμός Γκρίζου Υδατικού Αποτυπώματος.....	62
Πίνακας 8.4 Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος.....	62

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 8.1 Υγρασία εδάφους όπως αυτή καταγράφηκε από τους εγκατεστημένους στον ελαιώνα αισθητήρες υγρασίας εδάφους, βροχόπτωση, άρδευση, υδατοικανότητα (Field Capacity – FC), σημείο μόνιμης μάρανσης (Permanent Wilting Point – PWP), εύκολα διαθέσιμο νερό(Readily Available Water -RAW), κορεσμός (Θs) στον ελαιώνα.	58
Διάγραμμα 8.2 Συγκομιζόμενη ποσότητα στις τρεις μεταχειρίσεις.....	61
Διάγραμμα 8.3 Το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα των τριών διαφορετικών αρδευτικών πρακτικών.....	62
Διάγραμμα 8.4 Κατανομή των συστατικών (πράσινο, μπλε γκρίζο) του υδατικού αποτυπώματος κάθε μεταχείρισης.....	63
Διάγραμμα 8.5 Συνολική και πράσινη και μπλε Υδατοκατανάλωση στις τρεις μεταχειρίσεις	63

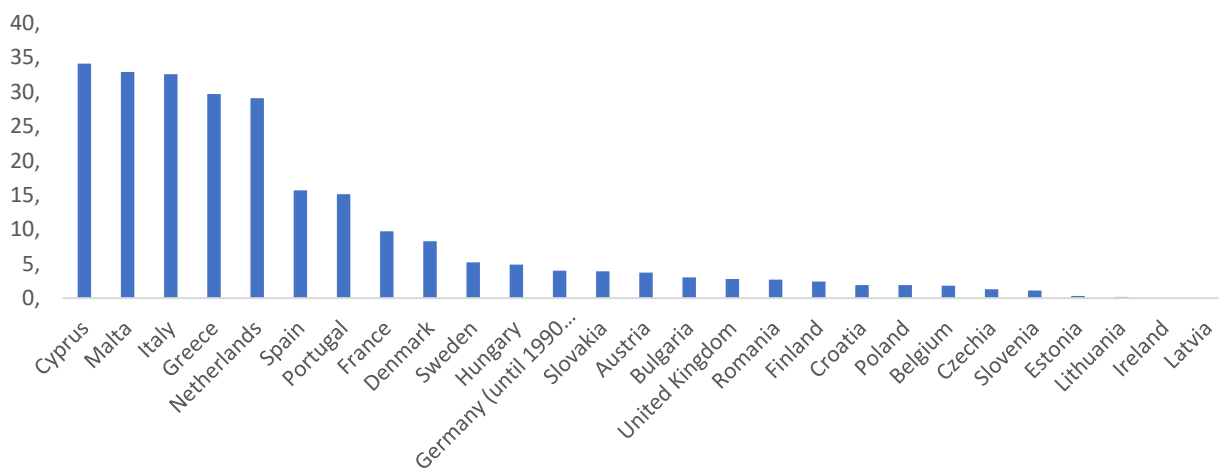
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Εισαγωγή

1.1 Κατάσταση υδατικών πόρων στην Ελλάδα

Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες η Ελλάδα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πλούσια σε νερό καθώς η μέση ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα 700 mm/έτος όταν στην Ισπανία φτάνει τα 636 mm/έτος και στην Κύπρο τα 498 mm/έτος. Παρόλα αυτά, χαρακτηριστικά όπως η ανομοιόμορφη χωροχρονικά κατανομή των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, το έντονο ανάγλυφο, οι πολλές και σχετικά μικρές λεκάνες απορροής και η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων τελικά δημιουργούν προβλήματα διαθεσιμότητας.

Όπως στις περισσότερες χώρες, η γεωργία στην Ελλάδα είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού. Το ποσοστό όμως των αρδευόμενων εκτάσεων στην Ελλάδα στο σύνολο των καλλιεργήσιμων εκτάσεων είναι κατά πολύ μεγαλύτερο των υπόλοιπων χωρών της Ευρώπης (EUROSTAT, 2016) λόγω κυρίως των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ το 2016, στο σύνολο της χώρας η συνολική αρδευόμενη έκταση ανέρχεται σε 12,1 εκατ. στρέμματα (~37%) όταν η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση είναι 32,5 εκατ. στρέμματα.



Εικόνα 1.1 Αρδευόμενη και αρδεύσιμη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης το 2016 (Πηγή: Eurostat)

Η υπεράντληση νερού για την κάλυψη των διαρκώς αυξανόμενων υδατικών αναγκών λόγω της εντατικοποίησης της γεωργίας οδήγησε στη μείωση των υδατικών αποθεμάτων αλλά και

στην ποιοτική υποβάθμισή τους στις παραθαλάσσιες περιοχές καθώς η μείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα επιτρέπει τη διείσδυση θαλασσινού νερού (υφαλμύριση). Την ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων και επιφανειακών υδατικών συστημάτων προκαλεί επίσης και η εντατική εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών που χρησιμοποιούνται για την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών και την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Στην Ελλάδα η χρήση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων υπερβαίνει κατά πολύ το μέσο όρο της Ευρώπης.

Στα παραπάνω έρχονται να προστεθούν οι συνέπειες τις κλιματικής αλλαγής και η ορθολογική χρήση υδάτων σε ένα πλαίσιο ολιστικής διαχείρισης αποτελεί μονόδρομο πλέον και δεν επαφίεται απλά στην ατομική επιλογή. Συντονισμένες κινήσεις και πρωτοβουλίες σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν υπογραμμίσει την ανάγκη υιοθέτησης ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων δίνοντας τις βασικές κατευθύνσεις δράσης. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η Οδηγία 60/2000 έθεσε τις βάσεις προς αυτή την κατεύθυνση εστιάζοντας κυρίως στην διαφύλαξη της ποσότητας (και λιγότερο της ποιότητας) των υδάτινων πόρων σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης. Αποτέλεσμα αυτής της οδηγίας ήταν η κατάρτιση των Σχέδιων Διαχείρισης των Υδρολογικών Λεκανών τα οποία στην Ελλάδα ολοκληρώθηκαν το 2015 ενώ το 2017 ολοκληρώθηκε η πρώτη αναθεώρησή τους.

1.2 Ελαιοκαλλιέργεια στην Ελλάδα – τρέχουσα κατάσταση

Η ελαιοκαλλιέργεια στην περιοχή της μεσογείου αποτελεί ιστορικά διακριτικό στοιχείο στην περιοχή καθώς δε συνδέεται μόνο με την πολιτιστική κληρονομιά αλλά αποτελεί σημαντικό πυλώνα της οικονομία της. Σύμφωνα με το International Olive Council (IOC) (IOOC, 2020) τις τελευταίες δεκαετίες η ελαιοκαλλιέργεια έχει επεκταθεί δυναμικά κυρίως λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων στα συστήματα καλλιέργειας και παραγωγής. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η περιοχή της Μεσογείου κυριαρχεί στην ελαιοκαλλιέργεια, την κατανάλωση και τη διακίνηση των ελαιοκομικών προϊόντων με κυρίαρχες παραγωγικές χώρες την Ισπανία, την Ιταλία και την Ελλάδα. Η ελαιοκαλλιέργεια σημειώνει μεγάλη ετερογένεια στις χώρες αυτές όσο αφορά το μέγεθος του κλήρου αλλά και τα συστήματα παραγωγής (Pellegrini, και συν., 2016). Η άρδευση της καλλιέργειας συνδέεται με την παραγωγή σε ποσοτικό αλλά και ποιοτικό επίπεδο (Patumi, και συν., 2002) (Ahumada-Orellana, Ortega-Farías, Searles, &

Retamales, 2017), ενώ η εφαρμογή στρατηγικών/πρακτικών ορθολογική διαχείριση της άρδευσης (π.χ. ελλειμματική) δε φαίνεται να δρα σε βάρος αυτής.

Στην Ελλάδα ο κλάδος της ελαιοκαλλιέργειας αποτελεί μια σημαντική οικονομική συνιστώσα της αγροτικής παραγωγής. Οι ελαιώνες καταλαμβάνουν περίπου 800.000 ha ενώ η ετήσια παραγωγή ελαιοκάρπου κυμαίνεται περίπου στους 2.500.000 τόνους και η αντίστοιχη παραγωγή ελαιόλαδου περίπου 350.000 τόνους. Στον κλάδο της ελαιοκομίας απασχολούνται 450.000 οικογένειες. Το ποσοστό των αρδευόμενων ελαιώνων είναι περίπου το 30% της συνολικής έκτασης των ελαιώνων ενώ το 75% των ελαιώνων τοποθετείται στην Πελοπόννησο και την Κρήτη περιοχές όπου οι υδάτινοι πόροι υφίστανται και από τις μεγαλύτερες πιέσεις σε επίπεδο χώρας.

Η Ήπειρος έχει μια πολύ μικρή συμμετοχή (3% έκταση και 1,6% ελαιόδεντρα) στο συνολικό ελαιοκομικό δυναμικό της χώρας, αλλά κρίσιμη για την τοπική οικονομία και τον παραγωγικό ιστό (Ζαμπούνης & Μάνος , 2014) (Ζαμπούνης Β. , 2020). Στην Άρτα η ελαιοκαλλιέργεια καταλαμβάνει το 14% της συνολικής καλλιεργήσιμης γης (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2020) και η κύρια κατεύθυνση είναι η παραγωγή επιτραπέζιας ελιάς (ποσοστό ελαιοποιησίμης και επιτραπέζιας: 33% και 66% αντίστοιχα). Η πιο διαδεδομένη ποικιλία είναι η «Κονσερβολιά Άρτας» η οποία έχει κατοχυρωθεί ως προϊόν ΠΓΕ (ΦΕΚ 17/14.1.1994, ΥΑ 317713). Σύμφωνα με τους Ζαμπούνη & Μάνο (2014) ενώ η εξαγωγική πολιτική του ελαιόλαδου φαίνεται να υποτιμάει την πραγματική του αξία στην περίπτωση της επιτραπέζιας ελιάς οι προοπτικές φαίνονται αρκετά καλύτερες καθώς πρόκειται για μια αγορά πιο ισορροπημένη, με καλύτερες επιδόσεις και σε πολλές περιπτώσεις με τιμές σχετικά ικανοποιητικές για τους παραγωγούς.

1.3 Κονσερβολιά Άρτας ΠΓΕ

Η Κονσερβολιά αποτελεί μια από της κυριότερες βρώσιμες ποικιλίες ελιάς που καλλιεργούνται στην Ελλάδα. Η ζώνη καλλιέργειάς της περιλαμβάνει κυρίως την Κεντρική Ελλάδα (Μαγνησία, Φθιώτιδα, βόρεια Εύβοια στα ανατολικά και Άρτα, Αιτωλοακαρνανία, Ηγουμενίτσα κτλ στα δυτικά χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι δεν τη συναντά κανείς και σε άλλες περιοχές όπως στη Μακεδονία ή ακόμα και την Κρήτη. Λόγω της ευρείας εξάπλωσής της στην Ελλάδα τη συναντάμε με πολλά ονόματα όπως: Χονδρελιά, Αμφίσσης, Βόλου, Βολιώτικη, Άρτας, Αγρινίου, Μπολιάνα, Πατρινείκη, Πατρινή κ.α. (Κωστελένος,

2011). Καταλαμβάνει περίπου το 5% των συνολικών ελαιώνων της χώρας και το 40% των συνολικών ελαιώνων της χώρας που καλλιεργούνται με επιτραπέζιες ποικιλίες ελιάς (ΟΠΕΚΕΠΕ 2020) ενώ τουλάχιστον μέχρι και τη δεκαετία του 1980 αποτελούσε την κύρια εξαγωγή ποικιλία βρώσιμης ελιάς πριν έρθει δυναμικά στο προσκήνιο η ελιά Χαλκιδικής.

Ως δένδρο χαρακτηρίζεται από την ανθεκτικότητα του στο ψύχος (και αυτός είναι και ο λόγος που τη συναντά κανείς ακόμα και στο Πήλιο ή και σε υψόμετρο έως και τα 600 μέτρα) και σε αντίξοες συνθήκες, την ανθεκτικότητα στον κυκλοκόνιο αλλά και τον καρκίνο ενώ αναφέρεται ως αδύναμο σημείο της η ευαισθησία στο *Verticillium* (Κωστελένος, 2011).

Ο καρπός της είναι τραγανός με φρουτώδη γεύση και συντηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το όνομα της βασίζεται ακριβώς σε αυτό το χαρακτηριστικό: ήταν από τις πρώτες βρώσιμες ελιές που τυποποιήθηκαν στην Ελλάδα σε κονσέρβες και συντηρούνταν για μεγάλο διάστημα. Έχει σχήμα στρογγυλό, ωοειδές χωρίς θηλή, με μεγάλες φακίδες και η σάρκα αποκολλάται εύκολα από τον πυρήνα. Το βάρος του κυμαίνεται από 4 έως 10 γραμμάρια και η ελαιοπεριεκτικότητα από 14% έως 18%.

Η Κονσερβολιά μπορεί να συγκομίζεται σε διάφορα στάδια από πράσινη κατά τα τέλη Σεπτεμβρη, παρδαλή (ξανθή) έως μαύρη (μελανοιώδες χρώμα) κατά τα τέλη Νοέμβρη. Οι τελευταίες δε (φυσικά μαύρες ελιές) αποτελούν και το «καλό» ανταγωνιστικό χαρτί απέναντι στις τεχνητά μαύρες ελιές ισπανικού τύπου καθώς δεν υπόκεινται σε κάποια χημική επεξεργασία διατηρώντας έτσι όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες.

Η περιοχή της Άρτας είναι από τις βασικές περιοχές καταγωγής της ποικιλίας Κονσερβολιά (Θεριός, 2006, Κωστελένος, 2011, Λύχνος, 1948, Λύχνος, 1949, Ποντίκης, 1992). Καλλιεργείται από αρχαιοτάτων χρόνων στη περιοχή, έχοντας εγκλιματιστεί σε αυτή, παράγοντας τους καρπούς με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Η Κονσερβολιά Άρτας αναγνωρίστηκε ως Προϊόν Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) με την ΥΑ 317713/14.01.94 (ΦΕΚ 17/14.01.94) και καταχωρίστηκε στον αντίστοιχο κατάλογο της ΕΕ το 1996 (Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L163/1996).

1.4 Σχέση Κονσερβολιάς Άρτας ΠΓΕ με οικονομία περιοχής

Η Κονσερβολιά Άρτας είναι εγκατεστημένη στην περιοχή από αρχαιοτάτων χρόνων και είναι συνδεδεμένη με την οικονομία της περιοχής. Ο Ξενόπουλος στο ιστορικό δοκίμιο του (Ξενόπουλος, 1884) αναφέρει ότι οι βρώσιμες αυτές ελιές αποτελούσαν ένα από τα κύρια εξαγωγίμα προϊόντα της περιοχής. Η συστηματική όμως και εντατική καλλιέργεια της Κονσερβολιάς πραγματοποιήθηκε περί τα μέσα της δεκαετίας του 1950 και αφού είχαν ολοκληρωθεί τα εγγαιοβελτιωτικά έργα στον κάμπο της Άρτας. Εκείνη την περίοδο άλλαξε και η εικόνα στον κάμπο, με τις δενδρώδεις καλλιέργειες να κερδίζουν περισσότερο έδαφος έναντι των αροτραίων που επικρατούσαν μέχρι τότε. Χαρακτηριστικό είναι και το παράδειγμα της Γραμμενίτσας στην Άρτα όπου ενώ μέχρι τα μέσα του προηγούμενου αιώνα κυριαρχούσε η καλλιέργεια του καπνού, από τα μέσα και μετά θεωρείται μια από της κύριες ελαιοκομικές περιοχές του νομού.

Σήμερα στην Άρτα καλλιεργείται σχεδόν το 9% της συνολικής Κονσερβολιάς της χώρας ενώ σε τοπικό επίπεδο οι ελαιώνες Κονσερβολιάς καταλαμβάνουν περίπου το 15% των συνολικών καλλιεργουμένων εκτάσεων του νομού. Ενώ η εικόνα της αγοράς που σχετίζεται με το ελαιόλαδο δεν είναι τόσο ελπιδοφόρα για τα ελληνικά προϊόντα, η αντίστοιχη εικόνα στην αγορά των επιτραπέζιων ελιών είναι σημαντικά πιο ενθαρρυντική για τη χώρα μας (Ζαμπούνης Β. , 2020).

2. Περιγραφή του Τοπικού Οργανισμού Εγγείων Βελτιώσεων Γραμμενίτσας - Βλαχέρνας

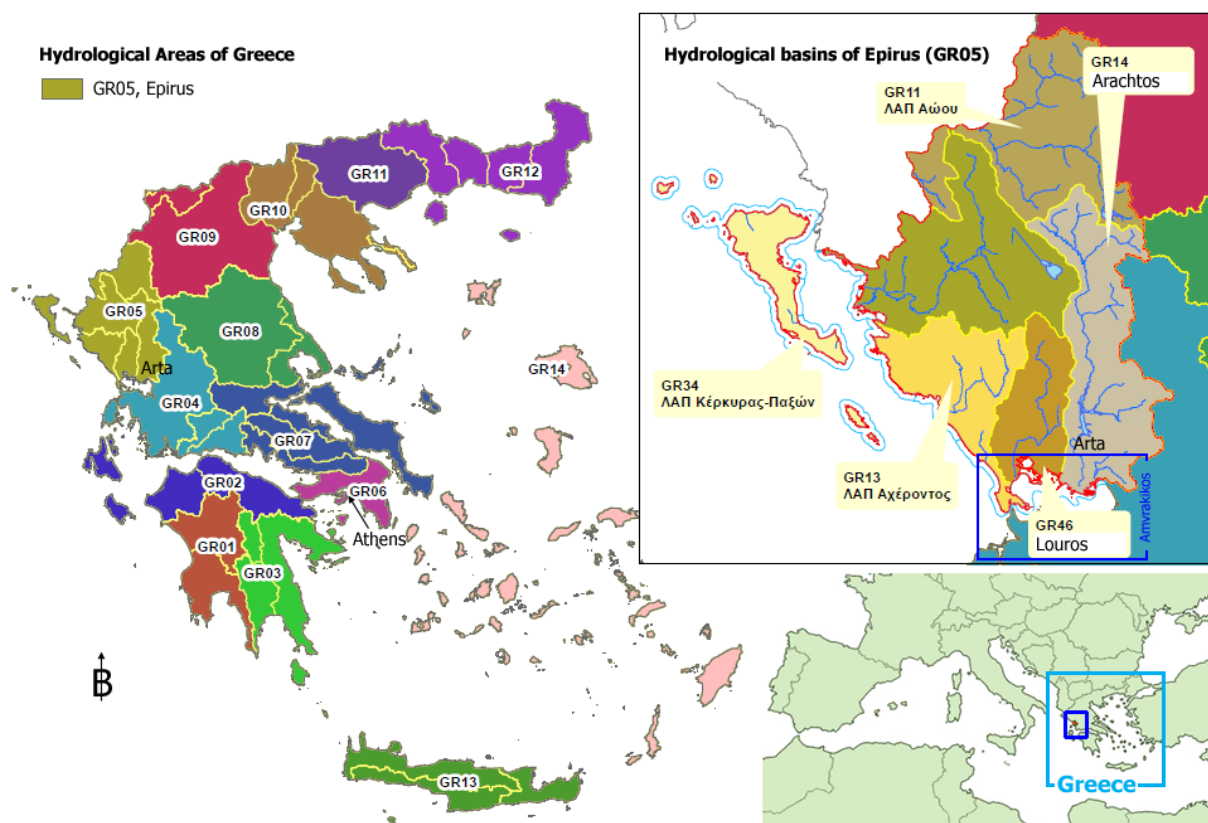
Ο ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας ιδρύθηκε το 1993, αφορά έκταση 15.000 στρεμμάτων (1.500 ha) από τα οποία 5.500 στρέμματα (550 ha) εξυπηρετούνται από το υφιστάμενο δίκτυο και αριθμεί 800 μέλη.



Εικόνα 2.1 Συνέλευση του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας Βλαχέρνας και ενημέρωση των παραγωγών από το τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστήμιου Ιωαννίνων (27/6/2021)

Σύμφωνα με την άδεια χρήσης νερού (Ελληνική Δημοκρατία, 2019), η αρδευόμενη περιοχή αφορά σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις των τοπικών κοινοτήτων Βλαχέρνας και Γραμμενίτσας, Δήμου Αρταίων, Π.Ε. Άρτας. Το σημείο υδροληψίας ποταμός Άραχθος - Άραχθος Π.2, ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου (EL05) και στη Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αράχθου (EL0514) (Εικόνα 2.2).

Η περίσσεια του νερού που δεν χρησιμοποιείται από το σύστημα καταλήγει ξανά στον Άραχθο και από εκεί στη βόρεια ακτή του Αμβρακικού Κόλπου (περιοχή NATURA 2000). Η ευρύτερη περιοχή του Αμβρακικού κόλπου συνιστά ένα σύνολο οικοσυστημάτων υψηλής οικολογικής αξίας και φυσικού κάλλους, η οποία ανήκει στο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας GR2110001, Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR2110004), εντάσσεται στο Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων Αμβρακικού και τμήμα της συγκαταλέγεται ανάμεσα στους 10 υγρότοπους της συνθήκης Ramsar στη χώρα (3GR009).



Εικόνα 2.2 Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου (EL05) και στη Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αράχθου (EL0514)

Η χρήση του νερού στην περιοχή διέπεται από το Σχέδιο διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (1η έκδοση 2012, 1η αναθεώρηση 2017).

2.1 Αρδευτικό δίκτυο

Όσον αφορά το έργο πρόκειται για υφιστάμενο αρδευτικό δίκτυο για άρδευση 5.500 στρεμμάτων μέσω τριών (3) αντλιοστασίων. Δύο (2) αντλιοστάσια βρίσκονται στην περιοχή

της Βλαχέρνας και ένα (1) στην περιοχή της Γραμμενίτσας. Το δίκτυο διανομής αποτελείται από υπόγειο σωληνωτό δίκτυο διαστάσεων $\varnothing 75$ έως $\varnothing 400$ και μήκους 21.400m περίπου. Μέρος επίσης του δικτύου αποτελούν τέσσερις (4) δεξαμενές εκ των οποίων οι δύο είναι διπλές με διαχωριστικό.



Εικόνα 2.3. Η περιοχή του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας (Google Earth)

Η περιγραφή του δικτύου από το σημείο υδροληψίας μέχρι τα αντλιοστάσια και προς το δίκτυο διανομής, δίνεται παρακάτω:

Από το φράγμα του ποταμού Αράχθου (Πουρνάρι 2) στη θέση με συντεταγμένες (σε ΕΓΣΑ 87) X:241293, Y:4339262 και συγκεκριμένα στο τμήμα του ποταμού Αράχθου με κωδικό σώματος EL0514R000200051N και ονομασία «Αραχθος Π.2», διοχετεύεται νερό στο αρδευτικό δίκτυο μέσω κεντρικού τσιμεντένιου αύλακα διαστάσεων 1m X 0.90m και μήκους 4km, ο οποίος είναι υπόγειος σε μήκος 1.200m (σε βάθος 2.5m-3m) και κατά το υπόλοιπο τμήμα επιφανειακός, με σιφόνια στη διέλευση των ρεμάτων.

Από τον κεντρικό αύλακα τροφοδοτείται το αντλιοστάσιο Α με παρακαμπτήριο προς αυτό και σε περίπτωση πλεονάζοντος ποσότητας νερού (υπερχείλιση), αυτή επιστρέφει στον ποταμό Άραχθο με παρακείμενο αύλακα.

Το αντλιοστάσιο Α περιλαμβάνει τρεις (3) αντλίες, παροχής 175 m³/h και ισχύος 75hp ανά αντλία. Από το αντλιοστάσιο Α και με υπόγειο σωληνωτό δίκτυο διατομής Ø300 τροφοδοτείται το αντλιοστάσιο μετάγγισης γεμίζοντας αρχικά διπλή δεξαμενή χωρητικότητας 800 m³ πλησίον αυτού και στη συνέχεια μέσω υπογείου σωληνωτού δικτύου διατομής Ø400 τη διπλή δεξαμενή χωρητικότητας 500 m³/h. Από τις ανωτέρω δεξαμενές με φυσική ροή πλέον και λόγω της βαρύτητας τροφοδοτούνται με σωληνωτό δίκτυο διατομής από Ø75 έως Ø240 οι κρουνοί υδροληψίας για την άρδευση των καλλιεργειών.



Εικόνα 2.4. Κρουνοί υδροληψίας

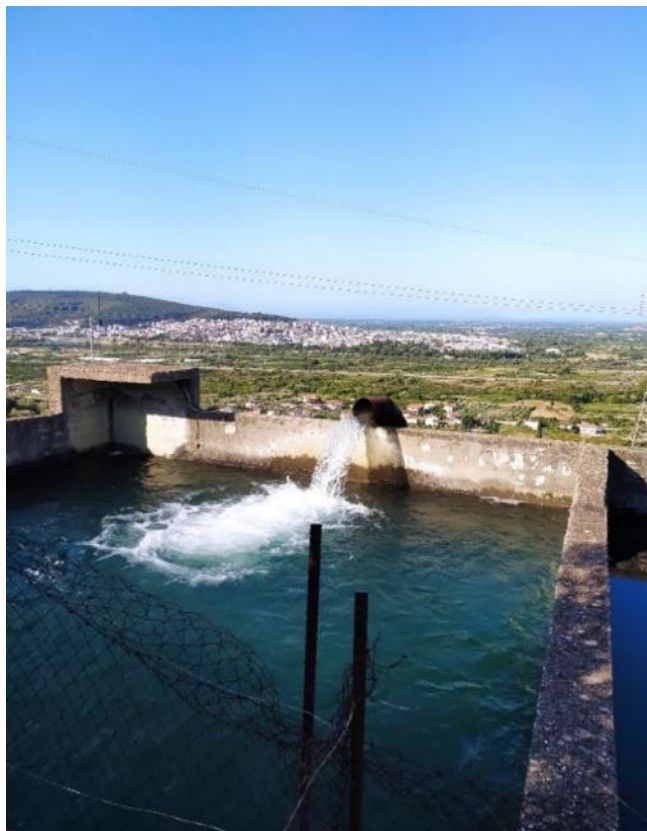
Το υπόλοιπο νερό από τον κεντρικό αύλακα μετά το αντλιοστάσιο Α, οδηγείται στο αντλιοστάσιο Β όπου γεμίζει δύο δεξαμενές (μία στη θέση «Διάσσελο» και μία στη θέση «Καπνοτόπια» ή «Κωστήλιες») χωρητικότητας 250 m³ εκάστη. Στο ύψος της θέσης του αντλιοστασίου Β και μετά την πλήρωση των δεξαμενών, το υπόλοιπο νερό επιστρέφει στον

ποταμό Άραχθο μέσω παρακειμένου αύλακα. Το αντλιοστάσιο Β περιλαμβάνει τέσσερις (4) αντλίες, παροχής $175 \text{ m}^3/\text{h}$ και ισχύος 75hp ή 125 hp ανά αντλία.



Εικόνα 2.5. Αρδευόμενος από τον ΤΟΕΒ ελαιώνας με φόντο το υδρηλεκτρικό φράγμα Πουρναρίου.

Σημειώνεται ότι σε κάθε αντλία για τα αντλιοστάσια Α και Β έχει τοποθετηθεί ωρομετρητής λειτουργίας και η αντλούμενη ποσότητα από το κάθε αντλιοστάσιο είναι ίση με το γινόμενο του αθροίσματος των ενδείξεων των ωρομετρητών λειτουργίας επί την ωριαία παροχή της κάθε αντλίας, που είναι $175 \text{ m}^3/\text{h}$.



Εικόνα 2.6. Αντλιοστάσιο του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας -Βλαχέρνας και δεξαμενή νερού στη θέση Κωστήλιες με φόντο την πόλη της Άρτας.

2.2 Ποσότητα και ποιότητα νερού

Σύμφωνα με την άδεια χρήσης νερού (Ελληνική Δημοκρατία, 2019), το νερό χρησιμοποιείται για αγροτική χρήση και συγκεκριμένα για άρδευση καλλιέργειας 4.950 στρ. ελαιοδέντρων και 275 στρ. κηπευτικών-εσπεριδοειδών με σύστημα στάγδην άρδευσης ή μικροεκτοξευτών καθώς και 275 στρ. μηδικής-καλαμποκιού με σύστημα τεχνητής βροχής, από επιφανειακό νερό με άντληση (ποταμός Άραχθος). Επομένως η κύρια καλλιέργεια είναι η ελιά και μάλιστα αφορά κυρίως επιτραπέζια ελιά, ΠΠΕ Κονσερβολιά Άρτας.

Σύμφωνα με την άδεια χρήσης νερού (Ελληνική Δημοκρατία 2019), η ποσότητα νερού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυμαίνεται από 1.2258.0000 m³/έτος έως 1.884.000 m³/έτος (ελάχιστη και μέγιστη ετήσια ποσότητα). Η περίοδος χρήσης νερού ορίζεται από 1 Απριλίου έως 30 Σεπτεμβρίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τον κανονισμό άρδευσης του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας-Βλαχέρνας, η διάθεση νερού για την άρδευση των ελαιώνων ξεκινά από τον Ιούλιο.

Όσο αφορά την ποιότητα του νερού, το οποίο προέρχεται από τον ποταμό Άραχθο, σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν, οι μέσες τιμές του pH και της EC ήταν : pH=8,4 και EC=0,44 dS/m. Η τιμή του pH κυμαίνεται στα ανώτατα ανεκτά όρια για την άρδευση καλλιεργειών και συστήνεται να γίνει πλήρης χημική ανάλυση προκειμένου να εντοπιστεί η αιτία του υψηλού pH και να εκτιμηθούν πιθανοί κίνδυνοι για συγκεκριμένες καλλιέργειες. Η τιμή της EC είναι εντός των ορίων καταλληλότητας για άρδευση καλλιεργειών.

Σύμφωνα με το πρόσφατο τιμολόγιο η ετήσια χρέωση του νερού από τον ΤΟΕΒ διαμορφώνεται με βάση την έκταση και της μεθόδου άρδευσης .

- Πάγιο: 3€ / στρέμμα (0,1 ha)
- Αύλακας (άρδευση με φυσική ροή): 10€ / στρέμμα (0,1 ha)
- Παροχές έως 500m² (0,05 ha) : 40€ / στρέμμα (0,1 ha)
- Μπεκάκια: 23€ / στρέμμα (0,1 ha)
- Κατάκλιση: 35 € / στρέμμα (0,1 ha)
- Λαχανόκηποι: 80,00 € / στρέμμα (0,1 ha)

3. Άρδευτική πρακτική για την ελιά

3.1 Γενικά

Η ελιά είναι ξηροφυτικό φυτό, ανθεκτικό στην υδατική καταπόνηση. Η αντοχή της στην έλλειψη νερού οφείλεται σε ανατομικά χαρακτηριστικά και φυσιολογικούς μηχανισμούς, που της επιτρέπουν να λειτουργεί και σε ακραίες συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το χνούδι στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, ο μικρός αριθμός των στομάτων(πυκνότητα τα 200-700mm⁻²) μόνο στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, η μικρή διάμετρος των αγγείων του ξύλου, τα χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος, και η αποτελεσματική ρύθμιση από τα φύλλα της διαπνοής και της ανταλλαγής αερίων σε συνθήκες υψηλής ατμοσφαιρικής ζήτησης(συστροφή φύλλων, κλπ.). Καλλιεργείται στη Μεσόγειο, σε περιοχές με ετήσια βροχόπτωση από 200-1000mm, αλλά για καλή ανάπτυξη και υψηλή παραγωγή απαιτείται βροχόπτωση πάνω από 500-600mm (Χαρτζουλάκης, 2019).



Εικόνα 3.1 Άρδευση ελαιώνα με μικροεκτοξευτήρες

Η άρδευση της ελιάς είναι αναγκαία όταν η κατανομή των βροχοπτώσεων δεν είναι ομοιόμορφη κατά τη διάρκεια του έτους και έχουμε παρατεταμένη ξηρασία κατά τους θερινούς μήνες με έντονη εξάτμιση και διαπνοή από το φυτό, σε ελαιώνες με ετήσια βροχόπτωση κάτω από 400 mm, σε νέους εντατικούς (25-40 φυτά/στρέμμα) και υπερ-εντατικούς (100-180 φυτά/στρέμμα) ελαιώνες και σε φτωχά εδάφη με μικρή υδατοϊκανότητα.

Η άρδευση επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη και παραγωγή της ελιάς. Η επαρκής υγρασία στο έδαφος αυξάνει το μήκος της ρίζας, την πυκνότητα και τον όγκο του ριζικού συστήματος, ευνοεί την ανάπτυξη του στην επιφάνεια του εδάφους και μειώνει το ποσοστό των προϊόντων φωτοσύνθεσης προς τη ρίζα.

Η ελιά εμφανίζει δύο φάσεις ανάπτυξης ετήσιας βλάστησης, μια έντονη κατά την άνοιξη μέχρι την αρχή του καλοκαιριού, όπου γίνεται και η ανάπτυξη καταβολών των οφθαλμών, και μια λιγότερο δυναμική φάση κατά το φθινόπωρο. Η εξασφάλιση επαρκούς εδαφικής

υγρασίας κατά τις φάσεις αυτές επηρεάζει ευνοϊκά την ανάπτυξη, αυξάνοντας το συνολικό μήκος της ετήσιας βλάστησης, τη φυλλική επιφάνεια και τον αριθμό των φύλλων (Χαρτζουλάκης, 2019).



Εικόνα 3.2 Ετήσιος κύκλος ανάπτυξης και παραγωγής της ελιάς (Χαρτζουλάκης, 2019)

Ανεπάρκεια υγρασίας την άνοιξη μειώνει τη βλάστηση, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής του τρέχοντος αλλά και του επόμενου πιθανώς έτους. Επαρκής υγρασία την περίοδο βλάστησης (Μάρτιος-Ιούνιος) τείνει να μειώσει την παρενιαυτοφορία.

Η ελιά θεωρείται ευαίσθητη στην υπερβολική υγρασία του εδάφους. Η υπερβολική άρδευση ή βροχόπτωση οδηγεί σε κορεσμό του εδάφους με αποτέλεσμα την έλλειψη O_2 στο έδαφος. Η έλλειψη O_2 μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στο μεταβολισμό των ριζών και να παρεμποδίσει την απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Τα ελαιόδεντρα που αναπτύσσονται κάτω από αυτές τις συνθήκες γίνονται μικρά, με πολυάριθμους λεπτούς κλαδίσκους, μικρά και κιτρινοπράσινα φύλλα, μικρή απόδοση και πρόωρη ωρίμανση των καρπών. Η άρδευση αυξάνει την παραγωγή τέλειων ανθέων και το ποσοστό της καρπόδεσης. Έλλειψη νερού στην άνθηση προκαλεί μείωση του αριθμού ανθοταξιών, παραγωγή ατελών ανθέων, ανθόρροια και μείωση του αριθμού καρπόδεσης και καρπόπτωση. Η υπερβολική άρδευση κατά τη διάρκεια της άνθησης μπορεί να προκαλέσει έλλειψη αζώτου λόγω έκπλυσης, με αποτέλεσμα την πτώση των ανθέων. Κατά τις περιόδους υδατικής καταπόνησης, τα φύλλα απορροφούν νερό από τους καρπούς και οι υπό ανάπτυξη καρποί

εμφανίζουν συμπτώματα έλλειψης νερού όπως συρρίκνωση της σάρκας, ιδιαίτερα στο τέλος του καλοκαιριού. Οι καρποί μπορεί και να πέσουν, εάν η έλλειψη είναι έντονη και διαρκής. Αν η έλλειψη νερού δεν είναι έντονη, η συρρίκνωση των καρπών είναι αναστρέψιμη μετά από βροχή ή άρδευση.

3.2 Υδατικές απαιτήσεις και επίδραση στην παραγωγή

Το ύψος των υδατικών απαιτήσεων της ελιάς ποικίλει ανάλογα με την ποικιλία αλλά και το βλαστικό στάδιο. Οι επιτραπέζιες ποικιλίες απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες νερού από τις ελαιοποιήσιμες. Για τις ποικιλίες ελιάς ‘Καλαμών’ και ‘Αμφίσσης’ που αρδεύονται με σταγόνες, ο συντελεστής υδατοκατανάλωσης $K_p=0,40-0,45$ ($350-450m^3/στρέμμα$) θεωρείται ότι καλύπτει ικανοποιητικά τις ανάγκες τους σε νερό (Μιχελάκης, 1998). Για την ποικιλία ‘Κορωνέικη’, οι ανάγκες σε νερό άρδευσης κυμαίνονται από $250-350m^3/στρέμμα$ ($K_p=0,3-0,4$). Η άρδευση αυξάνει την παραγωγή ελαιόλαδου ανά δέντρο μέχρι και 70%, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την κατάσταση του φυτού. Η αύξηση της παραγωγής οφείλεται κυρίως στην αύξηση του αριθμού καρπών ανά φυτό και λιγότερο στο μέγεθος των καρπών(αυξάνεται κυρίως στα δέντρα με μικρή ή μέση παραγωγή) και την ελαιοπεριεκτικότητα του καρπού(μειώνεται κατά 0-10%). Αντίθετα, η άρδευση καθυστερεί την ωρίμανση και η μέγιστη ελαιοπεριεκτικότητα επιτυγχάνεται αργότερα. Η άρδευση αυξάνει την παραγωγή της ελιάς μέχρι ενός σημείου κορεσμού. Η επιπλέον ποσότητα νερού δεν αυξάνει την παραγωγή της ελιάς και εκτός της σπατάλης του νερού μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην καλλιέργεια και στο έδαφος.

3.3 Σύστημα άρδευσης

Όσον αφορά τον τρόπο εφαρμογής της άρδευσης, αυτός πρέπει να επιλέγεται με βάση το κόστος και την αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού, την επίδραση στη διάβρωση του εδάφους, καθώς και τις πιθανές επιπτώσεις στην εξάπλωση ασθενειών.

Οι μέθοδοι επιφανειακής εφαρμογής π.χ. με λεκάνες ή αυλάκια έχουν χαμηλή αποτελεσματικότητα εφαρμογής και επιπλέον απαιτούν πολλά εργατικά. Η ορθή διαμόρφωση του εδάφους όμως ώστε να μπορεί να αποθηκεύει περισσότερο νερό βροχής αποτελεί μία καλή πρακτική.

Από την άλλη πλευρά τα συστήματα μικρο-άρδευσης εφαρμόζονται όλο και εκτενέστερα στις ημέρες μας. Τα βασικά χαρακτηριστικά της μικρο-άρδευσης είναι: α) διαβροχή τμήματος του αγροτεμαχίου, στην περιοχή που χρειάζονται τα παραγωγικά δέντρα (πρακτικά ίση με την έκταση της κατακόρυφης προβολή της κόμης στο έδαφος) και β) υψηλή αποτελεσματικότητα εφαρμογής (έως και το 90% του παρεχόμενου νερού μπορεί δυνητικά να είναι διαθέσιμο για τα φυτά). Ένα τυπικό τέτοιο σύστημα αποτελείται από την υδροληψία, την κεφαλή, τους αγωγούς μεταφοράς και τους αγωγούς εφαρμογής πάνω στους οποίους συνδέονται οι έξοδοι (σταλάκτες ή μικρο-εκτοξευτήρες (μπεκάκια)). Οι έξοδοι έχουν παροχή <math><200\text{ L/h}</math> για μικρο-εκτοξευτήρες και <math><12\text{ L/h}</math> για σταλάκτες και ρυθμό διαβροχής 1-5 mm/h. Ειδική περίπτωση συνδυασμού αγωγού εφαρμογής και εξόδων είναι οι σταλακτηφόροι αγωγοί. Οι μικρο-εκτοξευτήρες μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της σχετικής υγρασίας του αέρα στην περιοχή του ελαιώνα, ενώ συνήθως διαβρέχουν και τους κορμούς των δένδρων, γεγονότα που εντείνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης μυκητολογικών ασθενειών (π.χ. κυκλοκόνιο) αλλά και προσβολής των καρπών από έντομα όπως ο δάκος.

Σε πολλές περιπτώσεις οι αγωγοί εφαρμογής έχει επικρατήσει να τοποθετούνται σε ύψος 1,8+ m από το έδαφος με στήριξη πάνω στα δένδρα με σκοπό να μην εμποδίζουν τις καλλιεργητικές εργασίες.

Σε αγροτεμάχια με κλίση μεγαλύτερη του 6% συνίσταται η χρήση σταλακτών ή σταλακτηφόρων αγωγών ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος επιφανειακής απορροής. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται σε συστήματα άρδευσης που τοποθετούνται σε επικλινείς ελαιώνες, ώστε οι έξοδοι να έχουν χαμηλή ένταση εφαρμογής νερού, να αποδίδουν παρόμοιες ποσότητες νερού ανεξάρτητα του υψομέτρου τοποθέτησης των εξόδων, να μην δημιουργείται διάβρωση και το τμήμα του εδάφους που υγραίνεται να περιλαμβάνει το ριζικό σύστημα του φυτού.

Στην ίδια λογική αλλά και για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα όσον αφορά τη χρήση νερού γίνεται και εγκατάσταση υπόγειων συστημάτων μικρο-άρδευσης τα οποία παρά την επιφυλακτικότητα που δημιουργούν στους παραγωγούς λόγω του ότι δεν βλέπουν το σύστημα, αν σχεδιαστούν, εγκατασταθούν και διαχειρίζονται σωστά μπορούν να έχουν εντυπωσιακά θετικά αποτελέσματα.

Σε κάθε περίπτωση κατά τα πρώτα 2-3 έτη μετά τη φύτευση το υπόγειο σύστημα δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό. Ακόμη σε ένα σύστημα σίγουρα θα χρειαστούν βάνες (κεντρικές αλλά και στάσεων) και πιθανότατα μειωτές πίεσης, αεροβαλβίδες, βάνες κένωσης κοκ.

Τα συστήματα μικρο-άρδευσης επιτρέπουν και την εφαρμογή λίπανσης μέσω αυτών (υδρολίπανση). Η προσέγγιση αυτή οδηγεί σε λίπανση ακριβείας και σε όσες δόσεις απαιτείται ώστε να αυξάνεται η αποτελεσματικότητα της λίπανσης και να επιτυγχάνεται προστασία του περιβάλλοντος.

Μετά την εγκατάσταση συστήνεται να γίνεται ένας έλεγχος παροχής των στάσεων και ομοιομορφίας παροχής νερού των εξόδων καθώς διαβροχής του εδάφους και με βάση τα αποτελέσματα να γίνουν οι απαιτούμενες τελικές ρυθμίσεις. Η αποτελεσματικότητα εφαρμογής δεν ταυτίζεται αλλά έχει βρεθεί ότι είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το βαθμό ομοιομορφίας. Ακόμη πρέπει σε ετήσια βάση να γίνεται επιθεώρηση και συντήρηση του συστήματος (έλεγχος βαλβίδων, καθαρισμός φίλτρων, αποκατάσταση ζημιών, απομάκρυνση αλάτων από εξόδους κοκ).

3.4 Ποιότητα νερού

Το κατά πόσο το νερό είναι κατάλληλο για άρδευση καθορίζεται από την οξύτητα (pH), την περιεκτικότητα σε άλατα (μπορεί να μετρηθεί μέσω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας) και τη φύση των αλάτων. Όσο αφορά το pH τα ανεκτά όρια είναι μεταξύ 6,5 και 8,4. Σύμφωνα με τον FAO, νερό ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) <0,7 dS/m δεν έχει καμία αρνητική επίδραση στις καλλιέργειες, από 0,7 έως 3 έχει ελαφριά έως μέση ενώ πάνω από 3 είναι σημαντική. Η ελιά μπορεί να αρδεύεται ακόμη και με νερό με EC = 5 dS/m, ανάλογα με τα άλατα που περιλαμβάνονται στο νερό, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και την ποικιλία. Οι ποικιλίες Καλαμών, Λιανολιά Κέρκυρας, Μεγαρείτικη και Κοθρέϊκη θεωρούνται πιο ανθεκτικές στην αλατότητα του νερού ενώ η θρουμπολιά, το αγουρομάνακο και η χονδρολιά Χαλκιδικής πιο ευαίσθητες. Η άρδευση με αλατούχο νερό απαιτεί αύξηση της δόσης άρδευσης ή/και περιοδικές αρδεύσεις με μεγάλες ποσότητες νερού για ξέπλυμα των αλάτων. Το τελευταίο δεν χρειάζεται αν υπάρχουν ικανοποιητικές βροχοπτώσεις σε επίπεδο έτους. Χρήση νερού με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, δημιουργεί επιπλέον απαιτήσεις και στη συντήρηση του αρδευτικού συστήματος λόγω του ότι άλατα αποτίθενται στις εξόδους με αποτέλεσμα αυτές να βουλώνουν. Ανάλογα με το είδος των αλάτων επιλέγεται και το διάλυμα το οποίο είτε

εφαρμόζεται μέσω υδρολιπαντήρα είτε εμβαπτίζονται σε αυτό οι μικρο-εκτοξευτήρες. Η εφαρμογή κοπριάς βοηθά στη βελτίωση της δομής του εδάφους και μετριάζει τα ζητήματα που προκύπτουν από εφαρμογή αλατούχου νερού, ενώ θετική επίδραση προκαλεί και η εφαρμογή κατάλληλων λιπασμάτων.

3.5 Τήρηση Ορθής Αγροτικής Πρακτικής και υποχρεώσεων συστημάτων ποιότητας

Από το 2000, το ΥΠΑΑΤ έχει εγκρίνει τον Κώδικα Ορθής Γεωργικής Πρακτικής. Το Μέρος Γ' του κειμένου αυτού αφορά την εφαρμογή αρδεύσεων και περιλαμβάνει πολύ χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό και τη διαχείριση της άρδευσης ώστε να προφυλάσσεται το νερό ως πολύτιμος πόρος, να αρδεύονται αποτελεσματικά οι καλλιέργειες και να προστατεύονται οι αποδέκτες των εκροών. Κάθε χρόνο μέσω της δήλωσης ΟΣΔΕ οι καλλιεργητές δεσμεύονται για την τήρηση του κώδικα.

Σε περίπτωση που εφαρμόζεται σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης προβλέπεται η ύπαρξη σχεδίου διαχείρισης άρδευσης ενώ οι παραγωγοί πρέπει να τηρούν ημερολόγιο άρδευσης, όπου θα καταγράφεται η ποσότητα νερού, ο τρόπος και ο χρόνος άρδευσης ανά αγροτεμάχιο. Η καταγραφή αρδεύσεων σε συνδυασμό με άλλα δεδομένα της καλλιέργειας δίνει τη δυνατότητα αξιολόγησης της αρδευτικής πρακτικής και συνεχούς βελτίωσης αυτής.

Στα σχέδια βιολογικής καλλιέργειας περιλαμβάνονται και δράσεις που αφορούν την χρήση του νερού, ενώ παρόμοιες πληροφορίες περιλαμβάνονται σε προτάσεις καλλιεργητών που αφορούν δικαιώματα χρήσης νερού, ένταξη σε προγράμματα ελέγχου νιτρορύπανσης κοκ. Οι παραγωγοί μάλιστα εκπαιδεύονται στο πλαίσιο εφαρμογής πολλών από τις παραπάνω προσεγγίσεων. Επομένως ένα πρώτο βήμα για την ορθότερη χρήση του νερού είναι η σύνταξη σοβαρών σχετικών μελετών, η καλή εκπαίδευση όσο αφορά την εφαρμογή και η τήρησή των δεσμεύσεων



Εικόνα 3.3 Περίπτωση μη ορθολογικής αρδευτικής πρακτικής. Παρατηρούνται σημεία λιμναζόντων υδάτων λόγω υπεράρδευσης.

3.6 Όρια χρήσης νερού

Σύμφωνα με τη σχετική απόφαση του Υπουργείου Γεωργίας (1989), για να καλυφτούν οι ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας ελιάς στην Ήπειρο (λήψη νερού από δίκτυο, άρδευσης με μικροεκτοξευτήρες, περίοδος 1/5 έως 30/9) χρειάζονται 500 – 615 m³ νερού /στρέμμα (0,1 ha). Σημειώνεται ότι η απόφαση αυτή χρησιμοποιεί τη μέθοδο Blaney-Criddle για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό και ότι στο πλαίσιο εκτίμησης των αναγκών σε νερό αγνοεί τις βροχοπτώσεις.

IRMA_SYS OPIA ?

Ηπειρος (5) ▾

Ελιές (I) ▾

Σταγόνες ή μικροεκτοξευτές ▾

Μικρό δίκτυο άρδευσης ▾

Κλειστός αγωγός ▾

3% ▾

Άρδευτική περίοδος:
 Απριλίου - Σεπτεμβρίου

	m ³ /στρέμμα
Απρίλιος	38 - 50
Μάιος	72 - 92
Ιούνιος	101 - 123
Ιούλιος	117 - 139
Αύγουστος	110 - 132
Σεπτέμβριος	60 - 79
	498 - 615

Εικόνα 3.4 Υπολογισμοί αναγκών καλλιέργειας ελιάς σε νερό στην Ήπειρο (Υπουργείο Γεωργίας, 1989) με χρήση της εφαρμογής IRMA_SYS OPIA (https://play.google.com/store/apps/details?id=org.goodagro.irmasysoria&hl=en_US&gl=US)

3.7 Εκτίμηση αναγκών σε νερό για την καλλιέργεια της ελιάς με βάση την μεθοδολογία του FAO

Σήμερα, το γενικά αποδεκτό πρότυπο για την εκτίμηση αναγκών καλλιεργειών σε νερό είναι η οδηγία 56 του FAO η οποία προτείνει τη χρήση των μεθόδων Penman-Monteith και Hargreaves ανάλογα με τη διαθεσιμότητα δεδομένων. Στο πλαίσιο των μεθόδων αυτών η πιο τυπική προσέγγιση για την εκτίμηση των αναγκών σε νερό (ET_c) είναι μέσω του γινομένου του σύνθετου κλιματικού παράγοντα που ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET_o) επί τον κατάλληλο καλλιεργητικό συντελεστή (K_c). Στην αναφορά 56 του FAO περιλαμβάνονται γενικές τιμές για την καλλιέργεια ελιάς όσο αφορά τους φυτικούς συντελεστές (0,65-0,70), το μέγιστο βάθος ριζοστρώματος (1,2-1,7 m), την επιτρεπόμενη εξάντληση εδαφικής υγρασίας (0,65) κλπ. Σε μία εργασία του 2011 συνοψίζονται οι καλλιεργητικοί συντελεστές που προτείνονται από διάφορους ερευνητές. Το εύρος είναι

σχετικά μεγάλο και κυμαίνεται από 0,5 έως 0,75. Οι συντελεστές αυτοί μπορούν να αυξηθούν ακόμη περισσότερο (έως 0,8 και 1,0) σε περιπτώσεις εδαφοκάλυψης.

Η εκτίμηση των αναγκών σε νερό μπορεί να αποδειχθεί επίπονη εργασία και επιρρεπής σε σφάλματα. Ο FAO έχει δημιουργήσει ένα πολύ χρήσιμο λογισμικό, το CropWat (<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>) το οποίο διατίθεται δωρεάν και βοηθά στην εφαρμογή της οδηγίας 56 τόσο όσο αφορά την εκτίμηση των αναγκών σε νερό όσο και την κατάρτιση προγράμματος άρδευσης.

The screenshot shows the 'Crop Water Requirements' software window. The 'ETo station' is 'Arta', 'Rain station' is 'ARTA', 'Crop' is 'olive', and 'Planting date' is '01/03'. The table below displays the monthly and decadal irrigation requirements.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	1	Deve	0.56	2.13	21.3	1.6	19.7
May	2	Deve	0.53	2.11	21.1	12.2	8.9
May	3	Deve	0.51	2.28	25.1	0.0	25.1
Jun	1	Deve	0.48	2.12	21.2	0.2	21.0
Jun	2	Deve	0.46	2.19	21.9	1.4	20.5
Jun	3	Mid	0.43	2.26	22.6	0.0	22.6
Jul	1	Mid	0.43	2.27	22.7	0.0	22.7
Jul	2	Mid	0.43	2.20	22.0	0.0	22.0
Jul	3	Mid	0.43	2.16	23.7	0.1	23.6
Aug	1	Mid	0.43	2.07	20.7	0.0	20.7
Aug	2	Mid	0.43	1.95	19.5	0.0	19.5
Aug	3	Late	0.43	1.68	18.4	26.8	0.0
Sep	1	Late	0.43	1.49	14.9	3.8	11.1
Sep	2	Late	0.42	1.22	12.2	0.6	11.6
Sep	3	Late	0.42	1.15	11.5	0.6	10.9
Oct	1	Late	0.42	0.82	8.2	50.1	0.0
Oct	2	Late	0.42	0.64	6.4	48.5	0.0
Oct	3	Late	0.42	0.63	6.9	5.7	1.2
Nov	1	Late	0.42	0.51	5.1	11.7	0.0
Nov	2	Late	0.42	0.36	3.6	2.7	1.0
Nov	3	Late	0.42	0.31	1.5	25.9	0.0
					418.4	255.8	301.6

Εικόνα 3.5 Υδατικές Ανάγκες καλλιέργειας ελιάς στην περιοχή της Γραμμενίτσας Άρτας όπως προκύπτει έπειτα από τη χρήση του CROPWAT

Πίνακας 3.1 Μηνιαίες Υδατικές Ανάγκες και Ανάγκες Άρδευσης καλλιέργειας ελιάς στην περιοχή της Γραμμενίτσας Άρτας για το έτος 2021

Μήνας	Υδατικές Ανάγκες ETc (mm/month)	Ανάγκες Άρδευσης (mm/month)
Μάρτιος	37,2	3,7
Απρίλιος	50,4	35,6
Μάιος	67,5	53,7
Ιούνιος	65,7	64,1
Ιούλιος	68,4	68,3
Αύγουστος	58,6	40,2
Σεπτέμβριος	28,6	33,6
Οκτώβριος	21,5	1,2
Νοέμβριος	10,2	1
<u>Σύνολο</u>	<u>418,4</u>	<u>301,6</u>

4. Χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας για συμβουλές άρδευσης

4.1 Συστήματα παροχής συμβουλών σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης

Τα συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης συλλέγουν πληροφορίες από δίκτυα αγρο-μετεωρολογικών σταθμών και εφαρμόζουν μαθηματικά μοντέλα με βάση τα οποία μπορούν να εκτιμούν τις καιρικές συνθήκες σε κάθε σημείο της περιοχής εφαρμογής. Στη συνέχεια με την χρήση ειδικών πληροφοριών (έδαφος, καλλιέργεια, σύστημα άρδευσης, αρδευτικά γεγονότα κοκ) για κάθε αγροτεμάχιο μπορούν επί τη βάση ισοζυγίου νερού, να αναπτύξουν συμβουλές σχετικά με την ανάγκη άρδευσης. Στο όλο πλαίσιο λαμβάνεται υπόψη και η πρόγνωση του καιρού ώστε να αποφεύγονται άσκοπες αρδεύσεις.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνει κατανοητό ότι τέτοια συστήματα δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά χωρίς την ορθή αρχική παραμετροποίηση για κάθε αγρό λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του αγροτεμαχίου, της καλλιέργειας και του

άρδευτικού συστήματος, την παράλληλη αξιολόγηση πιλοτικών αγρών, την περιοδική αξιολόγηση και ερμηνεία των συμβουλών από γεωπόνους ή έμπειρους χρήστες τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα αυτά δεν ταυτίζονται με αυτό που αναφέρεται ως γεωργία ακριβείας. Στη γεωργία ακριβείας εντοπίζονται και λαμβάνονται υπόψη οι διαφοροποιήσεις των αναγκών σε εισροές (νερό, λιπάσματα κλπ.) σε επίπεδο αγρού. Τέτοια συστήματα έχουν μεγάλο ενδιαφέρον σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων σε έκταση καλλιεργειών (Τσιρογιάννης, 2018).

Για ποιο λόγο χρειάζονται τα συλλογικά συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης; Λαμβάνοντας υπόψη ότι:

βιώνουμε συνθήκες κλιματικής αλλαγής με άμεσο αντίκτυπο στην διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων και την ανάγκη για άρδευση των καλλιεργειών,

- στην Ελλάδα το 70-80% των υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για άρδευση ενώ η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού στα συστήματα άρδευσης φτάνει να είναι ακόμη και μικρότερη του 50%,
- η χώρα μας έχει υιοθετήσει την Οδηγία 60/200 0 ΕΕ, στο πλαίσιο της οποίας αναπτύσσονται κανόνες όσο αφορά την χρήση νερού, την κοστολόγηση και τιμολόγηση αρδευτικού νερού κοκ,
- η αποτελεσματική λειτουργία των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων (ΟΕΒ) εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας,
- τα σύγχρονα συστήματα πιστοποίησης ορθών αγροτικών πρακτικών απαιτούν τεκμηρίωση της προστασίας φυσικών πόρων, μεταξύ των οποίων και του νερού ενώ σχετικές σημάνσεις παρέχουν προστιθέμενη αξία στα προϊόντα, η αποτελεσματική άρδευση αποτελεί προτεραιότητα και σημαντικό παράγοντα για την επίτευξη βιώσιμης πρωτογενούς παραγωγής. Σε αυτό το μήκος κύματος, άμεση εφαρμογή συλλογικών συστημάτων παροχής συμβουλών άρδευσης, όπως το IRMA_SYS, στους ΟΕΒ της χώρας αναμένεται να συμβάλει στην εδραίωση καλών πρακτικών όσο αφορά τη διαχείριση του νερού άρδευσης.

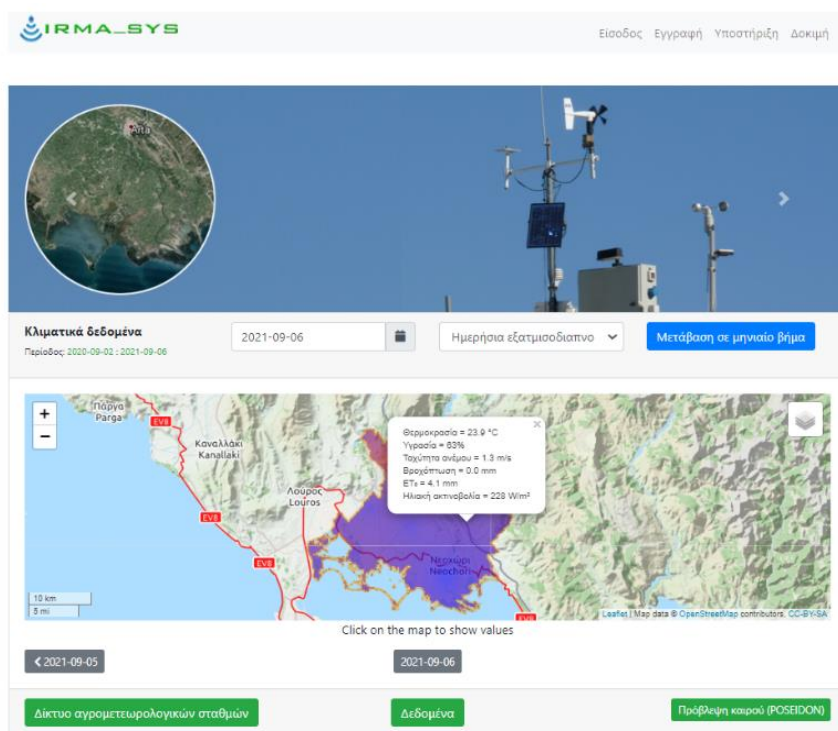
4.2 IRMA_SYS

Το IRMA_SYS είναι το μόνο επιχειρησιακά λειτουργικό σύστημα μεγάλης κλίμακας στην Ελλάδα που παρέχει άμεσα συμβουλές άρδευσης χωρίς να απαιτεί εγκατάσταση κάποιου ειδικού εξοπλισμού από την μεριά των χρηστών. Τα βασικά χαρακτηριστικά του συλλογικού συστήματος συμβουλών άρδευσης IRMA_SYS είναι τα ακόλουθα:

- Αξιοποιεί δεδομένα από στρατηγικά εγκατεστημένους μετεωρολογικούς σταθμούς στην κάθε περιοχή ή/και από πάροχους σχετικών υπηρεσιών
- Αξιοποιεί δεδομένα πρόγνωσης καιρού από πάροχους σχετικών υπηρεσιών, για να παρέχει προβλέψεις για την ποσότητα και το χρόνο άρδευσης
- Αξιοποιεί δεδομένα από εδαφολογικούς χάρτες
- Μέσω ειδικών μαθηματικών μοντέλων προκύπτουν αγρομετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής) για κάθε σημείο της καλυπτόμενης περιοχής, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα δημιουργίας απεριόριστου αριθμού εικονικών αγρομετεωρολογικών σταθμών.
- Η καταγραφή των αρδεύσεων μπορεί να γίνεται από τους χρήστες αξιοποιώντας στοιχεία επιθεώρησης του αρδευτικού συστήματος ή εγκατεστημένα υδρόμετρα χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπλέον εξοπλισμού. Η χρήση καταγραφικών χρήσης νερού που τροφοδοτούν αυτόματα το σύστημα με σχετική πληροφορία αυξάνουν την ακρίβεια του συστήματος. Στο πλαίσιο υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης με το σύστημα αυτόματων τηλεμετρικών υδρομέτρων.
- Με βάση διεθνώς αναγνωρισμένα μοντέλα και ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις καλλιέργειες σε Ελληνικές ή/και παρόμοιες συνθήκες, έχει αναπτυχθεί μοντέλο ισοζυγίου αρδευτικού νερού με βάση το οποίο εκτιμάται, σε ημερήσια βάση, η εδαφική υγρασία στη θέση κάθε εικονικού αγρομετεωρολογικού σταθμού.
- Με βάση το μοντέλο προκύπτουν συμβουλές άρδευσης για την αντίστοιχη στάση αρδευτικού συστήματος, δηλαδή συστήνεται πότε να γίνουν αρδεύσεις και πόσο νερό να χορηγηθεί. Παράλληλα παρέχεται πληροφορία σχετικά με την αναμενόμενη υδατική καταπόνηση της καλλιέργειας.

- Η πρόσβαση στα δεδομένα και τις συμβουλές άρδευσης γίνεται μέσω browser (MS Edge, Google Chrome ή άλλου) σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, tablet ή smart phone.
- Οι συμβουλές άρδευσης αποστέλλονται μέσω email στον αγρότη και το σύμβουλό του.
- Τα δεδομένα των εικονικών αγρομετεωρολογικών σταθμών καθώς και στοιχεία σχετικά με τις αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν, την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε αλλά και τις σχετικές συμβουλές για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου είναι διαθέσιμα στον αγρότη και τον σύμβουλό του.

Το συλλογικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση IRMA_SYS, έχει εγκατασταθεί απο το 2015 στην πεδιάδα της Άρτας (<https://arta.irmasys.eu/>). Το σύστημα αυτό καλύπτει έκταση περίπου 40.000 εκταρίων εντός της οποίας λειτουργούν πέντε υφιστάμενοι και ένας υπό σύσταση ΟΕΒ. Από το 2021 το σύστημα εγκαταστάθηκε και στον ΤΟΕΒ Πόρου (τμήμα του ΓΟΕΒ Λεκάνης Ιωαννίνων). Η εγκατάσταση του συστήματος δύναται να πραγματοποιηθεί σε διάστημα 6-12 μηνών σε οποιονδήποτε ΟΕΒ της χώρας καλύπτοντας το σύνολο της έκτασής του και τις βασικές καλλιέργειες της περιοχής.



Εικόνα 4.1 Το «Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας» (<https://arta.irmasys.eu/>)

Πέρα από την πρόσβαση στις λειτουργίες του συστήματος, το κύριο χαρακτηριστικό της αρχικής σελίδας είναι η παρουσίαση των χαρτών των μεταβλητών που εμπεριέχονται στον υπολογισμό των αρδευτικών αναγκών, σε ημερήσια κλίμακα. Οι μεταβλητές αυτές είναι:

- η ηλιακή ακτινοβολία (μέση τιμή εικοσιτετράωρου λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις τιμές κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και τις νυχτερινές τιμές, W/m^2)
- η θερμοκρασία αέρα (μέση ημερήσια τιμή, $^{\circ}C$)
- η σχετική υγρασία αέρα (μέση ημερήσια τιμή, %)
- η ταχύτητα ανέμου (μέση ημερήσια τιμή, m/s)
- η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (αθροιστική ημερήσια τιμή, mm) και
- η βροχόπτωση (αθροιστική ημερήσια τιμή, mm)

Το σύστημα παραμετροποιείται με εισαγωγή πληροφοριών που αφορούν:

- Την θέση του εικονικού αγρομετεωρολογικού σταθμού για το αγροτεμάχιο
- Το είδος της καλλιέργειας
- Το μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα
- Το εκτιμώμενο βάθος ριζοστρώματος (μέγιστο και ελάχιστο)
- Τη μέθοδο της άρδευσης
- Την αρδευτική αποδοτικότητα
- Τον συντελεστή καλλιέργειας K_C
- Τη μηχανική σύσταση του εδάφους και τις ιδιότητες αυτού ως προς την υδατοϊκανότητα, το σημείο μόνιμης μάρανσης και τον κορεσμό

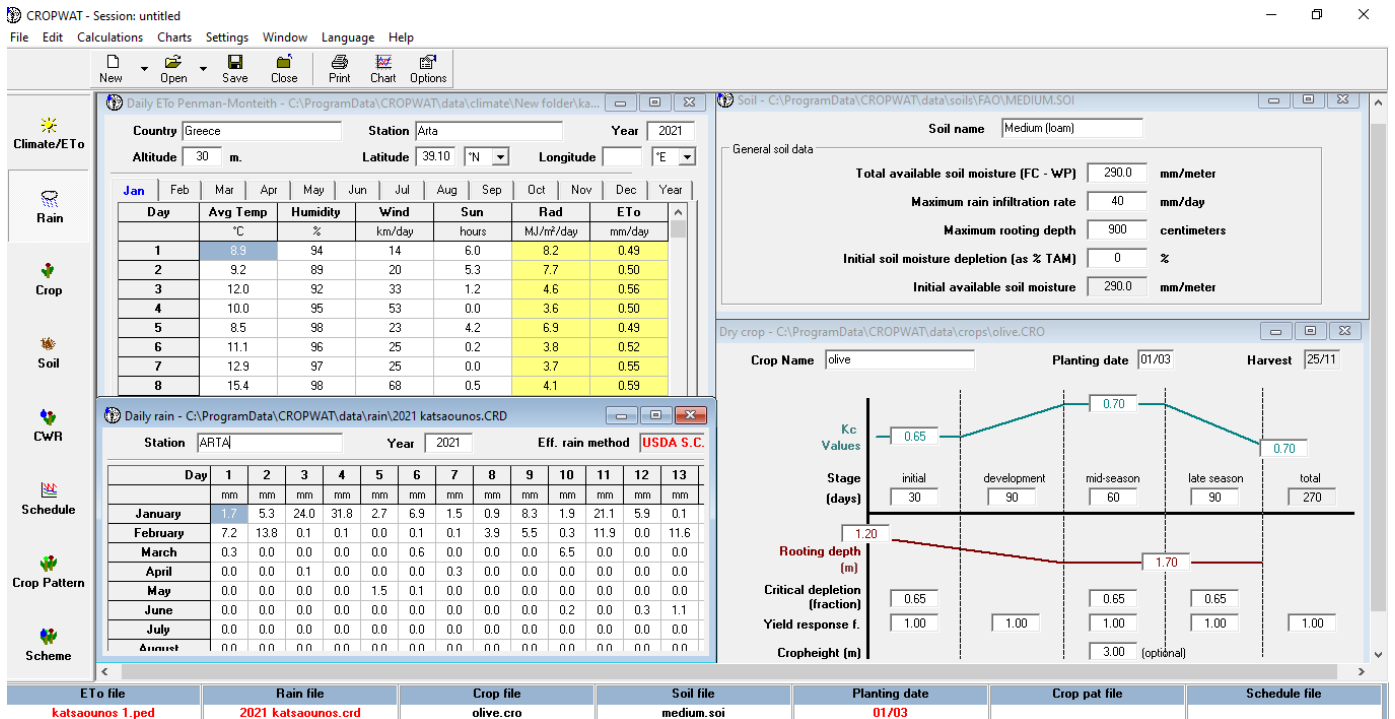
4.3 CROPWAT

Το CROPWAT είναι ένα υπολογιστικό εργαλείο που βοηθά στη διαχείριση της άρδευσης. Έχει αναπτυχθεί από το Land and Water Development Division του FAO και η τρέχουσα έκδοσή του είναι η 8.0 (<http://www.fao.org/land-water/databases-andsoftware/cropwat/en/>). Με το πρόγραμμα μπορούν να υπολογιστούν οι υδατικές ανάγκες καλλιεργειών με βάση κλιματικά και φυτικά δεδομένα. Επιπρόσθετα το CROPWAT δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης προγραμμάτων άρδευσης υπό διάφορες καλλιεργητικές πρακτικές. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων πρακτικών άρδευσης και την

εκτίμηση της συμπεριφοράς των καλλιεργειών ανεξάρτητα του εάν εφαρμόζεται ή όχι άρδευση. Το πρόγραμμα ουσιαστικά εφαρμόζει τις διαδικασίες που περιγράφονται σε δύο οδηγούς της σειράς Irrigation and Drainage του FAO και συγκεκριμένα του «No. 33 - Yield response to water» (FAO, 1979) και του «No. 56 - Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements» (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998).

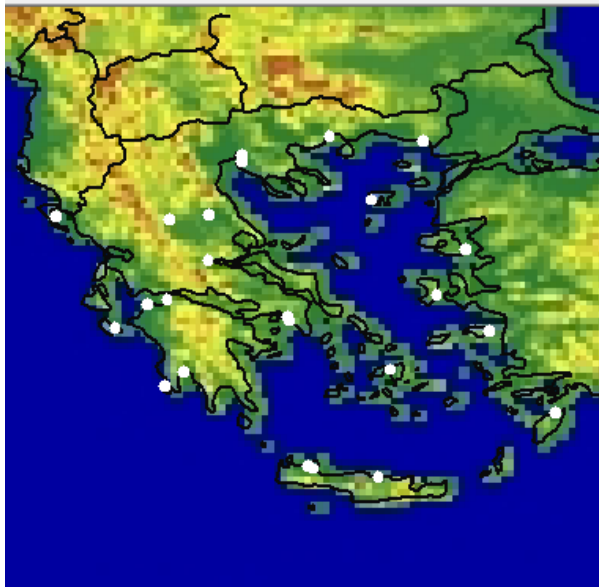
Η ανάπτυξη προγραμμάτων άρδευσης στο CROPWAT βασίζεται στην κατάρτιση ισοζυγίου νερού για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου. Η εκτίμηση των απαιτήσεων νερού μπορεί να γίνει σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης, περιοχής (υδρολογικής υπολεκάνης ή και λεκάνης). Ένας υπολογισμός περιοχής λαμβάνει υπόψη το χωρικό ποσοστό των καλλιεργειών που ορίζει ο χρήστης, ενώ μπορεί να περιλαμβάνει έως και 20 διαφορετικά είδη καλλιεργειών. Τα κύρια χαρακτηριστικά του CROPWAT (έκδοση 8.0 για Windows) είναι τα ακόλουθα:

- Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET₀) με χρήση κλιματικών δεδομένων σε χρονικό επίπεδο μήνα, δεκαήμερου και ημέρας.
- Δυνατότητα εκτίμησης κλιματικών πληροφοριών όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες σχετικές τιμές.
- Κατάρτιση προγραμμάτων άρδευσης (μέσω υδατικών ισοζυγίων) σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης και περιοχής με εκτεταμένες δυνατότητες ρυθμίσεων από το χρήστη.
- Πίνακες αποτελεσμάτων ημερήσιου ισοζυγίου νερού για όλη την καλλιεργητική περίοδο.
- Γραφικές παρουσιάσεις δεδομένων και αποτελεσμάτων (ανάγκες καλλιεργειών σε νερό και προγράμματα άρδευσης).
- Εύκολη εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων μέσω του πρόχειρου (clipboard) των Windows ή αρχείων χαρακτήρων ASCII



Εικόνα 4.2 Εισαγωγή δεδομένων στο CROPWAT για τον υπολογισμό των υδατικών αναγκών καλλιέργειας ελιάς στην περιοχή Γραμμενίτσας Άρτας

Για τον υπολογισμό των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό το CROPWAT χρειάζεται μία σειρά από εδαφικά, φυτικά και κλιματικά δεδομένα. Το πρόγραμμα είναι εξαρχής εφοδιασμένο με κάποια ενδεικτικά σχετικά δεδομένα. Αυτά προτείνεται να χρησιμοποιούνται μόνο όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για την περιοχή ενδιαφέροντος που να αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές συνθήκες που ισχύουν για εκεί. Μία ακόμη δυνατότητα –για την περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα για την ειδική περιοχή ενδιαφέροντος- είναι να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από τη βάση κλιματικών δεδομένων CLIMWAT (τρέχουσα έκδοση 2.0) που αναπτύσσει ο FAO. Η βάση αυτή περιλαμβάνει δεδομένα για πάνω από 5.000 μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλο τον κόσμο εκ των οποίων 24 βρίσκονται στην Ελλάδα.



Nr.	Lon [°]	Lat [°]	Alt [m]	Name
1	22.95	40.61	25	THESSALONIKI
2	22.96	40.51	4	THESSALONIKI-MIKRA
3	24.38	40.93	62	KAVALA
4	25.91	40.85	3	ALEXANDROUPOLIS
5	24.03	35.51	63	KHANIA
6	24.11	35.48	151	SOUDA
7	25.18	35.33	39	HERAKLION
8	21.7	36.83	34	METHONI
9	28.08	36.4	11	RHODES-(PARADISSI)
10	20.88	37.78	4	ZAKYNTHOS
11	22.01	37.06	8	KALAMATA
12	23.71	37.96	107	ATHINAI-OBSERVATORY
13	23.73	37.9	15	ATHENS (HELLINIKON)
14	25.38	37.1	9	NAXOS
15	27	37.73	49	SAMOS
16	21.73	38.25	3	PATRAI
17	21.41	38.16	15	ARAXOS
18	22.4	38.9	144	LAMIA
19	26.13	38.33	4	CHIOS-(AIRPORT)
20	21.76	39.55	116	TRIKALA
21	22.41	39.63	74	LARISSA
22	25.06	39.88	2	LIMNOS
23	26.6	39.06	5	MYTILINI
24	19.91	39.61	4	KERKYRA

Εικόνα 4.3 Μετεωρολογικοί σταθμοί στην Ελλάδα της βάσης δεδομένων του CLIMAWAT

5. Υδατικό Αποτύπωμα



Ένα βάζο ελιές των 500gr περιέχει 177 λίτρα νερού. Όσο και αν μας εκπλήσσει αρχικά αυτή η διατύπωση δεν εμπεριέχει κανένα στοιχείο υπερβολής. Κάθε προϊόν «κρύβει» μια ποσότητα νερού που αναφέρεται όχι μόνο στην ποσότητα νερού που φαίνεται (το νερό που υπάρχει στο προϊόν) αλλά και το έμμεσο νερό που είναι το νερό που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα στάδια παραγωγής και διακίνησής του.

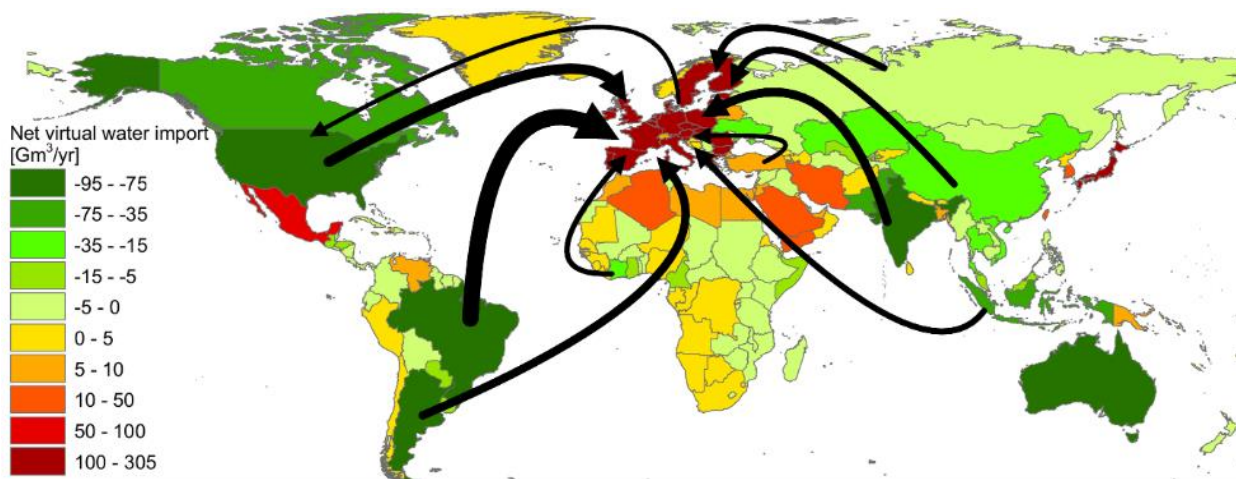
Έτσι για το παράδειγμα της το πραγματικό νερό που περιέχει είναι το νερό που καταναλώθηκε για:

- την άρδευση της καλλιέργειας
- την παραγωγή των λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν στην καλλιέργεια
- την παραγωγή των φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων που εφαρμόστηκαν στην καλλιέργεια
- την παραγωγή και συντήρηση των μέσων καλλιέργειας (εργαλεία, μηχανήματα κτλ.)
- την παραγωγή και συντήρηση των μέσων μεταφοράς και κατά τη μεταφορά (οχήματα) του συγκομιζόμενου ελαιόκαρπου
- την μεταποίηση του προϊόντος
- την παραγωγή και συντήρηση όλων των εργαλείων και μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται στο στάδιο της επεξεργασίας
- την παραγωγή και μεταφορά των αναλώσιμων που χρησιμοποιούνται στο στάδιο της επεξεργασίας
- την παραγωγή των υλικών συσκευασίας για τη συσκευασία του τελικού προϊόντος
- τη μεταφορά προς τα σημεία διανομής
- την παραγωγή και συντήρηση των μέσων μεταφοράς
- τη διαβίωση των εργαζομένων που απασχολούνται σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα

Αυτό κατ' επέκταση ισχύει για όλα τα προϊόντα αλλά και για τις υπηρεσίες. Σε διάφορα στάδια της παραγωγής ενός προϊόντος πέρα από τη χρήση του νερού σημειώνεται και

ρύπανσή του (έκπλυση λιπασμάτων, φυτοπροστατευτικών, χημικών, βαρέων μετάλλων κτλ.). Επομένως όταν μιλάμε για κατανάλωση νερού μιλάμε και για τη ρύπανσή του πέρα από τη χρήση του. Έτσι για την παραγωγή ενός προϊόντος ή υπηρεσίας χρησιμοποιείται και ρυπαίνεται μια ποσότητα νερού.

Το 1997 ο Allan εισήγαγε πρώτος τον όρο «εικονικό νερό» (Virtual Water), έννοια με την οποία περιγράφεται και υπολογίζεται το νερό που διακινείται μέσω των τελικών προϊόντων (Allan, 1997). Το νερό λοιπόν εφόσον υπάρχει μέσα στα προϊόντα προφανώς και μεταφέρεται με τη διακίνηση των προϊόντων. Με την παγκοσμιοποίηση της αγοράς ο καταναλωτής έχει αποσυνδεθεί χωρικά από την κατανάλωση και ρύπανση νερού. Έτσι όταν αγοράζουμε ένα μπλουζάκι που έχει παρασκευαστεί στην Ινδία, μαζί με το μπλουζάκι αυτό παίρνουμε και 2700 λίτρα νερό από την Ινδία.



Εικόνα 5.1 Το ισοζύγιο «εικονικού» νερού ανά χώρα και ανά κατεύθυνση διακίνησης/ροής μέσω του εμπορίου των αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων το διάστημα 1995-2005 (το πάχος του βέλους απεικονίζει και το μέγεθος της διακίνησης/ροής) (Mekonnen & Hoekstra, 2011)




Η έννοια του **Υδατικού Αποτυπώματος -ΥΑ** (Water Footprint – WF) προέκυψε σχετικά πρόσφατα από τους (Hoekstra & Hung, 2002). Στη συνέχεια το «Δίκτυο Υδατικού Αποτυπώματος» (Water Footprint Network-WFN), μια μη κυβερνητική οργάνωση (NGO), υιοθέτησε τον όρο και τον ανέπτυξε περαιτέρω σε ένα μεθοδολογικό οδηγό (Hoekstra A. Υ., Charagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Σύμφωνα με αυτό *“το Υδατικό Αποτύπωμα ενός ατόμου, μιας κοινότητας ή μιας εταιρείας ορίζεται ως ο συνολικός όγκος φρέσκου (γλυκού) νερού που καταναλώνεται (χρησιμοποιείται ή ρυπαίνεται) για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών από το άτομο, την κοινότητα ή παράγεται από την εταιρεία.”*. Η

έννοια του υδατικού αποτυπώματος εκφράζει την ποσότητα νερού που καταναλώνεται και ρυπαίνεται άμεσα ή έμμεσα για την παραγωγή προϊόντων (ή υπηρεσιών).

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω το Υδατικό Αποτύπωμα είναι ένας δείκτης νερού που αναφέρεται όχι μόνο στην άμεση χρήση νερού από τον παραγωγό ή τον καταναλωτή αλλά και στην έμμεση χρήση νερού. Το Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να θεωρηθεί δείκτης της εκμετάλλευσης/χρήσης των υδατικών πόρων μαζί με άλλους δείκτες χρήσης νερού που μετρούν την άντληση των υδάτινων πόρων.

Το Υδατικό Αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι ένας πολυδιάστατος δείκτης που μετράει τον όγκο κατανάλωσης νερού ανά πηγή και τον όγκο ρύπανσης του νερού ανά τύπο ρύπανσης. Όλα τα συστατικά του Υδατικού Αποτυπώματος εξειδικεύονται χωρικά και χρονικά.

Το υδατικό αποτύπωμα (ΥΑ) ή Water Footprint (WF) αποτελείται από τρία συστατικά: **πράσινο, μπλε και γκρίζο** υδατικό αποτύπωμα.

	Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα <ul style="list-style-type: none">• Ποσότητα νερού βροχής που χρησιμοποιείται ή ενσωματώνεται στο προϊόν
	Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα <ul style="list-style-type: none">• Ποσότητα επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων που χρησιμοποιείται ή ενσωματώνεται στο προϊόν
	Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα <ul style="list-style-type: none">• «Ποσότητα νερού που ρυπαίνεται» : όχι πραγματικό νερό• Ο όγκος του νερού που απαιτείται για να επαναφέρει το νερό στην αρχική του κατάσταση

Εικόνα 5.2 Τα τρία συστατικά που συνθέτουν το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα, Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα).

Το **Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα** αναφέρεται στην κατανάλωση των πόρων «πράσινου» νερού (η βροχόπτωση πριν γίνει απορροή) σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός προϊόντος.

Το **Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα** αναφέρεται στην κατανάλωση καθαρού νερού (επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα) σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός προϊόντος.

Ο όρος «**κατανάλωση**» αναφέρεται στις **απώλειες** νερού από τη διαθέσιμη δεξαμενή νερού σε μια λεκάνη απορροής. Οι απώλειες συμβαίνουν όταν το νερό:

- εξατμίζεται
- επιστρέφει σε άλλη λεκάνη απορροής ή στη θάλασσα
- ενσωματώνεται σε ένα προϊόν.

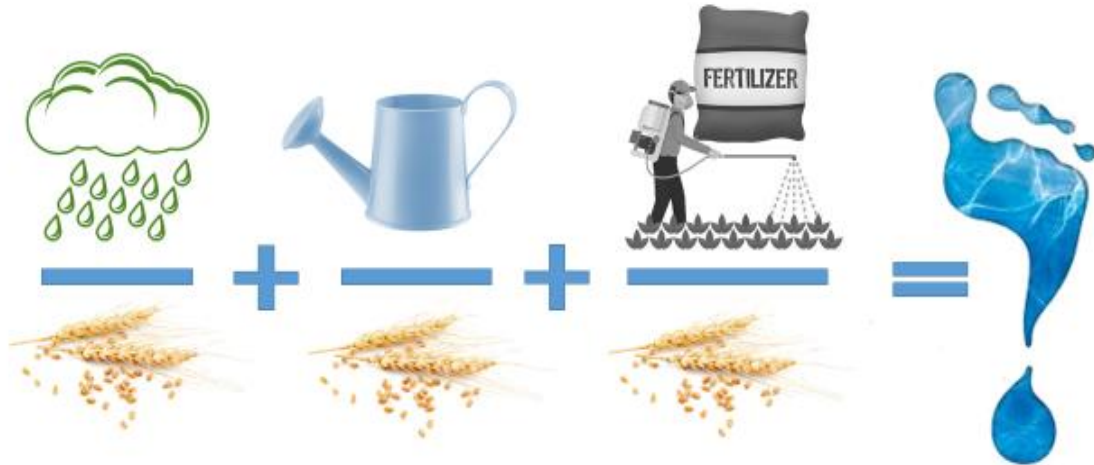
Το **Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα** αναφέρεται στη ρύπανση και ορίζεται ως ο όγκος του καθαρού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρυπαντών με δεδομένες τις συγκεντρώσεις τους στη φύση και τα υφιστάμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας υδάτων στην περιοχή.

Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος Καλλιέργειας

Το συνολικό υδατικό αποτύπωμα μιας καλλιεργητικής διαδικασίας (ΥΑ ή WF) είναι το άθροισμα των πράσινων, μπλε και γκρίζων συστατικών και εκφράζεται ανά μονάδα προϊόντος, δηλαδή όγκος νερού προς μάζα παραγόμενου προϊόντος.

$$WF = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey}$$

Το Υδατικό Αποτύπωμα, και αυτό αποτελεί και μια από τις καινοτομίες του, συνδέει την ποσότητα νερού που καταναλώνεται ή ρυπαίνεται με την τελική παραγωγή (συγκομιζόμενη ποσότητα) της καλλιέργειας. Έτσι όταν υπολογίζουμε τα επιμέρους αποτυπώματα (πράσινο, μπλε γκρίζο αποτύπωμα) δεν αρκεί να υπολογίσουμε ή να μετρήσουμε ή να εκτιμήσουμε μόνο την ποσότητα του νερού βροχής, άρδευσης ή ρύπανσης που καταναλώνεται από την καλλιέργειά μας αλλά και την τελική παραγωγή (συγκομιζόμενη ποσότητα) της καλλιέργειας μας, με την οποία διαιρούνται τα παραπάνω μεγέθη. Θέλουμε δηλαδή να γνωρίζουμε την ποσότητα του βρόχινου νερού ή του νερού άρδευσης ή του ρυπασμένου νερού που καταναλώθηκε ανά τη συνολική ποσότητα τελικού προϊόντος που συγκομίζεται.



Εικόνα 5.3 Γραφική απεικόνιση του υπολογισμού του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος

5.1 Υπολογισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος

Το **Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα** (WF_{green}) μιας καλλιέργειας συνδέεται με την κατανάλωση των πόρων «πράσινου» νερού. Το «πράσινο» νερό αναφέρεται στη βροχόπτωση που δεν απορρέει ή επαναφορτίζει (τροφοδοτεί) τα υπόγεια ύδατα, αλλά αποθηκεύεται στο έδαφος ή παροδικά παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους ή στη βλάστηση. Τελικά αυτό το τμήμα της βροχόπτωσης εξατμίζεται ή διαπνέεται μέσω των φυτών (Hoekstra A. Y., Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Ουσιαστικά σχετίζεται με το νερό της βροχής που παραμένει διαθέσιμο στο έδαφος προς κατανάλωση από τις καλλιέργειες.

Το **Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα** υπολογίζεται ως το πηλίκο του πράσινου νερού (νερό βροχής) που καταναλώθηκε από την καλλιέργεια (CWU_{green} , Crop Water Use green) προς την παραγωγή (Y , Yield). Το CWU_{green} ισούται με το άθροισμα των ημερήσιων «πράσινων» εξατμισοδιαπνοών (ET , mm/day) όλης την καλλιεργητικής περιόδου (l_{gp} , length of growing period).

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{green}}{Y}$$

Όπου το ET_{green} ισούται με το ελάχιστο μεταξύ της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c) και της αποτελεσματικής βροχόπτωσης (P_{eff}):

$$ET_{green} = \min(ET_c, P_{eff})$$

5.2 Υπολογισμός Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος

Το **Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα** (WF_{blue}) αναφέρεται στην κατανάλωση των πόρων «μπλε» νερού (επιφανειακό και υπόγειο) κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής ενός προϊόντος. Η «κατανάλωση» αναφέρεται στην απώλεια νερού από το διαθέσιμο υπόγειο ή επιφανειακό υδάτινο σώμα σε μια λεκάνη απορροής. Οι απώλειες συμβαίνουν όταν το νερό εξατμίζεται, επιστρέφει σε μια άλλη λεκάνη απορροής ή στη θάλασσα, ή ενσωματώνεται σε ένα προϊόν (Hoekstra A. Y., Charagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Πρακτικά σχετίζεται με το νερό που αντλείται για άρδευση από επιφανειακά υδάτινα σώματα ή τον υπόγειο υδροφόρο.

Το **Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα** υπολογίζεται ως το πηλίκο του μπλε νερού (νερό άρδευσης) που καταναλώθηκε από την καλλιέργεια (CWU_{blue} , Crop Water Use blue) προς την παραγωγή (Y , Yield). Το CWU_{blue} ισούται με το άθροισμα των ημερήσιων «μπλε» εξατμισοδιαπνοών (ET , mm/day) όλης την καλλιεργητικής περιόδου (I_{gp} , length of growing period).

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{I_{gp}} ET_{blue}}{Y}$$

Όπου το ET_{blue} ισούται με το μέγιστο μεταξύ του 0 και της διαφοράς μεταξύ της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c) και της αποτελεσματικής βροχόπτωσης (P_{eff}):

$$ET_{blue} = \max(0, ET_c - P_{eff})$$

*Ο παράγοντας 10 χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του βάθους νερού από mm σε όγκο νερού ανά επιφάνεια καλλιεργήσιμης γης: m^3/ha .

*με τον όρο αποτελεσματική βροχόπτωση (P_{eff}) εννοούμε την ποσότητα εκείνη της βροχόπτωσης που φτάνει στο φυτό, αφαιρώντας τις απώλειες. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον υπολογισμό της.

Στην ποσότητα του Μπλε Αποτυπώματος προστίθεται επίσης και η ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για την παρασκευή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων.

Πρέπει να σημειωθεί εδώ και μία ακόμα καινοτομία του δείκτη του Υδατικού Αποτυπώματος. Όπως παρατηρούμε από τους υπολογισμούς δεν λαμβάνονται υπόψη οι απόλυτες ποσότητες του νερού που εισάγεται στην καλλιέργεια αλλά οι ποσότητες που

πραγματικά κατανάλωσε η καλλιέργεια, θεωρώντας ως καλλιέργεια το σύστημα έδαφος - φυτό. Αυτό συμβαίνει γιατί ακόμα και αν η καλλιέργεια (σύστημα έδαφος – φυτό) δέχθηκε ποσότητα νερού ή άρδευσης μεγαλύτερη από τις ανάγκες της, το νερό αυτό δε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι χάνεται αλλά επιστρέφει στην υδρολογική λεκάνη εμπλουτίζοντας για παράδειγμα τα υπόγεια ύδατα και είναι διαθέσιμο για χρήση ξανά.

Για παράδειγμα για τον υπολογισμό του πράσινου νερού δεν λαμβάνουμε υπόψη την απόλυτη ποσότητα του νερού της αποτελεσματικής βροχόπτωσης που δέχτηκε η καλλιέργεια αλλά υπολογίζουμε μόνο το ποσό από την βροχόπτωση που χρησιμοποιήθηκε για να καλύψει τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (εξατμισοδιαπνοή). Αντίστοιχα για το μπλε νερό δεν υπολογίζουμε όλη την ποσότητα της αποτελεσματικής άρδευσης που δέχτηκε η καλλιέργεια αλλά υπολογίσουμε μόνο την ποσότητα αποτελεσματικής άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε για να καλύψει τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (εξατμισοδιαπνοή).

Για αυτό το λόγο ενδιαφερόμαστε και υπολογίσουμε την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ETc) καθώς αυτό είναι το μόνο μέτρο των υδατικών αναγκών μιας καλλιέργειας. Την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αυθαίρετα τη διακρίνουμε σε «πράσινη» και «μπλε» συνδέοντας τη αντίστοιχα με τη βροχόπτωση και την άρδευση.

5.3 Υπολογισμός Γκρίζου Υδατικού Αποτυπώματος

Το **γκρίζο υδατικό αποτύπωμα** (WF_{grey}) αναφέρεται στη ρύπανση που προκαλεί μια παραγωγική διαδικασία και καθορίζεται ως ο όγκος του καθαρού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρυπαντών με δεδομένες τις συγκεντρώσεις τους στη φύση και τα υφιστάμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας υδάτων (Hoekstra A. Y., Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Το γκρίζο υδατικό αποτύπωμα μια διαδικασίας δεν αναφέρεται σε πραγματικό νερό αλλά είναι ένας δείκτης του βαθμού ρύπανσης του νερού που συνδέεται με τη συγκεκριμένη διαδικασία.

Το **Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα** υπολογίζεται διαιρώντας το ρυπαντικό φορτίο (L) με τη διαφορά μεταξύ των περιβαλλοντικών υδατικών προτύπων για το συγκεκριμένο ρυπαντή (μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση c_{max}) και της φυσικής του συγκέντρωσης στο υδατικό σώμα αποδέκτη (c_{nat}). Υπολογίζεται πρακτικά ως το πηλίκο της εφαρμοζόμενης ποσότητας του χημικού στον αγρό (AR) επί το τμήμα απορροής-έκπλυσης (α) δια τη διαφορά της μέγιστης

επιτρεπόμενης συγκέντρωσης (c_{max}) μείον τη φυσική συγκέντρωση του ρυπαντή (c_{nat}) προς την παραγωγή (Y).

$$WF_{grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} = \frac{a \times AR}{c_{max} - c_{nat} Y}$$

Διαφορές του Υδατικού Αποτυπώματος από τους κλασσικούς δείκτες νερού

Το Υδατικό Αποτύπωμα διαφοροποιείται από τους υπόλοιπους δείκτες χρήσης νερού στα ακόλουθα σημεία:

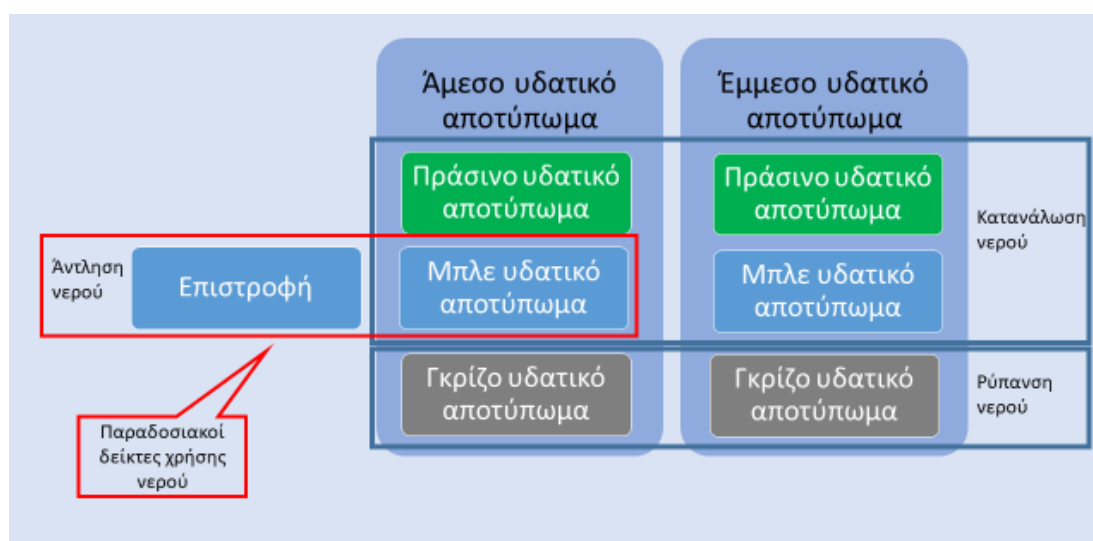
Ενώ οι παραδοσιακοί δείκτες χρήσης νερού υπολογίζουν μόνο τους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους (μπλε νερό) το Υδατικό Αποτύπωμα λαμβάνει υπόψη του και τη βροχόπτωση (πράσινο νερό). Το Υδατικό Αποτύπωμα «βλέπει» το νερό συνολικά χωρίς να ξεχωρίζει τις πηγές του. Η προσέγγιση αυτή έχει μεγάλη σημασία σε ότι έχει να κάνει με τη συνολική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Θα πρέπει να αντιληφθούμε ότι πηγή νερού δε συνιστούν μόνο τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα άλλα και το βρόχινο νερό, ή τα επεξεργασμένα αστικά λύματα κτλ. Για μια συνολική ορθολογική διαχείριση των υδάτων θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουμε και τις εναλλακτικές αυτές πηγές.

Το Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζει το μέρος του νερού που χρησιμοποιείται πραγματικά για τις ανάγκες παραγωγής ενός προϊόντος και όχι τη συνολική ποσότητα νερού που αντλείται και επιστρέφει στη λεκάνη απορροής όντας διαθέσιμο ξανά για χρήση.

Το Υδατικό Αποτύπωμα δεν υπολογίζει μόνο το νερό που καταναλώνεται αλλά και αυτό που ρυπαίνεται (γκρίζο νερό). Το νερό που ρυπαίνεται δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά και άρα είναι σα να «χάθηκε» από την υδρολογική λεκάνη. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί την πρώτη καινοτομία του Υδατικού Αποτυπώματος καθώς είναι ο πρώτος δείκτης χρήσης νερού που λαμβάνει υπόψη του και τις συνέπειες των παραγωγικών διεργασιών στο υδατικό απόθεμα.

Το Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζει το νερό που καταναλώνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Έτσι σε μια καλλιέργεια δεν υπολογίζουμε μόνο το νερό που άμεσα καταναλώνουμε ή ρυπαίνουμε σε μια συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία αλλά και αυτό που καταναλώνεται και ρυπαίνεται σε άλλη παραγωγική διαδικασία προϊόντα της οποίας

μπορεί να συμμετέχουν στην κύρια (τη συγκεκριμένη) παραγωγική διαδικασία. Για παράδειγμα στην περίπτωση μιας καλλιέργειας, για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματός της θα υπολογίσουμε επίσης και το νερό που καταναλώθηκε ή ρυπάνθηκε κατά την παρασκευή των λιπασμάτων ή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων που χρησιμοποιήσαμε και ως μην αποτελεί η παραγωγή τους μέρος της παραγωγικής διαδικασίας της καλλιέργειας. Το Υδατικό Αποτύπωμα λαμβάνει υπόψη όχι μόνο την άμεση χρήση νερού αλλά και την έμμεση δίνοντας έτσι μια χωρική διάσταση στην κατανάλωση καθώς φαίνεται το νερό που διακινείται ανάμεσα στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μέσω του εμπορίου των προϊόντων.

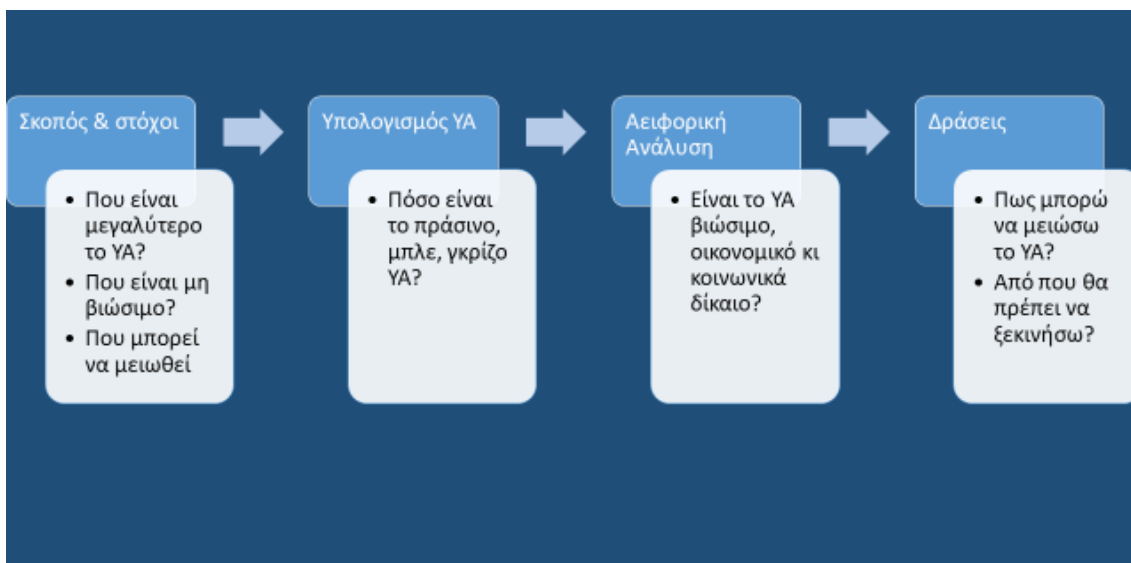


Εικόνα 5.4 Διαφορά Υδατικού Αποτυπώματος με τους παραδοσιακούς δείκτες χρήσης νερού

5.4 Σημασία και ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος

Το ΥΑ δεν είναι απλά ένας ποσοτικός δείκτης της κατανάλωσης νερού. Το πώς θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το σημείο εστίασης του χρήστη αλλά γενικά αναφέρεται σε μια σειρά δράσεων για: 1) τον καθορισμό του σκοπού και των στόχων μελέτης του 2) την ποσοτικοποίηση υπολογισμό του ΥΑ και των συστατικών του 3) την εκτίμηση της περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής βιωσιμότητας αυτού του ΥΑ και 4) τη χάραξη στρατηγικής για τη μείωσή του.

Ο σκοπός του υπολογισμού του ΥΑ είναι να αναλύσει το πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες ή τα προϊόντα επιδρούν στη ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υδάτινων πόρων και να δει πως οι δραστηριότητες αυτές ή τα προϊόντα μπορούν να γίνουν περισσότερο βιώσιμα (από πλευράς υδατικής διαχείρισης).



Εικόνα 5.5 Τα 4 βήματα στην ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος

Στο πλαίσιο της ανάλυσης του Υδατικού Αποτυπώματος ακολουθούμε κάποια βήματα για να καθορίσουμε τον τρόπο αξιοποίησής του. Τα βήματα περιγράφονται και αναλύονται ως εξής:

Βήμα 1^ο: Καθορισμός του σκοπού και των στόχων υπολογισμού του ΥΑ

Σε πρώτο βήμα καθορίζουμε το επίπεδο υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος. Το Υδατικό αποτύπωμα μπορεί να υπολογισθεί σε διάφορες οντότητες οπότε αρχικά θα πρέπει να προσδιορίσουμε την οντότητα αυτή.

Το Υδατικό αποτύπωμα μπορεί να υπολογισθεί:

- Σε ένα στάδιο (τμήμα) μιας διεργασίας παραγωγής
- Σε ολόκληρη τη διεργασία παραγωγής
- Στο τελικό προϊόν
- Στον καταναλωτή
- Σε μια ομάδα καταναλωτών
- Σε μια γεωγραφικά οριοθετημένη περιοχή
- Σε μια χώρα
- Σε μια περιοχή
- Σε μια υδρολογική λεκάνη

- Σε μία επιχείρηση
- Σε έναν επαγγελματικό κλάδο
- Στην ανθρωπότητα

Η λίστα αυτή δεν είναι εξαντλητική, σημασία έχει να ορισθεί το επίπεδο ή τα επίπεδα υπολογισμού του ΥΑ, μπορεί κάποιος για παράδειγμα να θέλει να υπολογίσει το ΥΑ των καταναλωτών της Ευρώπης. Η μελέτη του ΥΑ μπορεί να γίνει για πολλούς και διάφορους λόγους. Για παράδειγμα μπορεί η κυβέρνηση ενός κράτους να ενδιαφέρεται να μάθει την εξάρτησή της από άλλες χώρες για την κάλυψη των υδατικών αναγκών, ή μπορεί να ενδιαφέρεται να μάθει τη βιωσιμότητα της υδατικής χρήσης σε περιοχές όπου παράγονται υδροβόρα προϊόντα, ή μπορεί σε επίπεδο διαχείρισης υδρολογικής λεκάνης οι σχετικές αρχές να ενδιαφέρονται να μάθουν αν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες εξαντλούν ή υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδατικών πόρων ή ποιες ακριβώς είναι αυτές οι δραστηριότητες που έχουν τέτοιο αποτέλεσμα. Μπορεί μια επιχείρηση να θέλει να γνωρίζει την εξάρτησή της σε υδατικούς πόρους στη εφοδιαστική αλυσίδα της ή πως μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των επιδράσεων των δραστηριοτήτων της σε όλο το εύρος της παραγωγικής αλυσίδας.

Βήμα 2^ο Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος

Το δεύτερο βήμα είναι η φάση συλλογής των δεδομένων και της εκτέλεσης των υπολογισμών. Ο σκοπός και το επίπεδο λεπτομέρειας στον υπολογισμό καθορίζεται από το προηγούμενο βήμα. Τα στάδια υπολογισμού του ΥΑ αναλύονται εκτενέστερα στο σχετικό πεδίο της παρούσας αναφοράς.

Βήμα 3^ο Ανάλυση βιωσιμότητας

Μετά τη φάση του υπολογισμού του ΥΑ πραγματοποιείται η ανάλυση της βιωσιμότητας κατά την οποία γίνεται εκτίμηση του ΥΑ από περιβαλλοντική, κοινωνική αλλά και οικονομική σκοπιά.

Από περιβαλλοντική σκοπιά η βιωσιμότητα του ΥΑ σχετίζεται με τη διατήρηση του περιβάλλοντος και των περιβαλλοντικών προτύπων της περιοχής.

Από κοινωνική σκοπιά η βιωσιμότητα του ΥΑ σχετίζεται με το δικαίωμα πρόσβασης των ανθρώπων σε μια περιοχή σε νερό για την κάλυψη των αναγκών διαβίωσής τους αλλά και

με τη δικαιοσύνη καταμερισμού της ποσότητας και της ποιότητας των υδάτινων πόρων στους ανθρώπους της περιοχής αυτής (δεν είναι δίκαιο για παράδειγμα ακόμα και αν μοιράζεται ισόποσα το νερό μια λεκάνης απορροής στους κατοίκους της περιοχής, όσοι βρίσκονται ανάντη να ρυπαίνουν με τις δραστηριότητές τους το νερό και αυτό το νερό να χρησιμοποιήσουν όσοι βρίσκονται κατόντη).

Από οικονομική σκοπιά η βιωσιμότητα του ΥΑ συνδέεται με τον τρόπο κατανομής και χρήσης των υδάτινων πόρων και την επάρκειά του σε μια περιοχή. Επίσης συνδέεται με την παραγωγικότητα της χρήσης του νερού.

Την ερώτηση για τη βιωσιμότητα των Υδατικών Αποτυπώματων μπορεί κάποιος να τη δει από διαφορετικές πλευρές. Για παράδειγμα δεν έχει νόημα η ερώτηση για το εάν το συνολικό ΥΑ αποτύπωμα μιας γεωγραφικής περιοχής είναι βιώσιμο όταν η ποιότητα του νερού στη λεκάνη απορροής εκείνης της περιοχής είναι σε κίνδυνο ή όταν η ποσότητα δεν επαρκεί. Ή στην περίπτωση μιας παραγωγικής διαδικασίας, η βιωσιμότητα του υδατικού αποτυπώματος εξαρτάται και από τη βιωσιμότητα του ΥΑ στην συγκεκριμένη εποχή στη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής αλλά και από τη δυνατότητα μείωσης του ΥΑ. Δηλαδή εάν η παραγωγική διαδικασία λαμβάνει χώρα σε μια περιοχή όπου το συνολικό ΥΑ είναι μη βιώσιμο τότε και το ΥΑ της παραγωγικής διαδικασίας είναι μη βιώσιμο ή εάν υπάρχει η δυνατότητα της μείωσης του ΥΑ της παραγωγικής διαδικασίας σε μια περιοχή τότε ούτως ή άλλως το ΥΑ της διαδικασίας αυτής είναι μη βιώσιμο ανεξάρτητα από τη βιωσιμότητα του ΥΑ της περιοχής. Από την πλευρά των προϊόντων η βιωσιμότητα του ΥΑ του προϊόντος εξαρτάται από τη βιωσιμότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Η βιωσιμότητα του ΥΑ ενός παραγωγού εξαρτάται από τη βιωσιμότητα των ΥΑ των προϊόντων που παράγει και αντίστοιχα το ΥΑ ενός καταναλωτή συνδέεται με το ΥΑ των προϊόντων που καταναλώνει ή με το μερίδιο του ΥΑ αποτυπώματος από το παγκόσμιο ΥΑ της ανθρωπότητας που του αναλογεί.

Βήμα 4ο Αντιμετώπιση – δράσεις

Στο τελευταίο βήμα σχεδιάζονται οι στρατηγικές, πολιτικές ή τα μέτρα δράσης με γνώμονα πάντα τη μείωση του Υδατικού Αποτυπώματος όπου αυτό φυσικά είναι δυνατό.

Η ευθύνη του παγκοσμίου υδατικού αποτυπώματος μοιράζεται σε όλους όσους αποτελούν κομμάτι της παγκόσμιας κοινότητας. Έτσι όλοι έχουν την ευθύνη μείωσης του Υδατικού Αποτυπώματος: οι καταναλωτές, οι παραγωγοί, οι επενδυτές και οι κυβερνήσεις.

Στη βιομηχανία και τα νοικοκυριά το Μπλε και Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να μηδενιστεί μέσω της ανακύκλωσης. Σε ένα κλειστό κύκλωμα μπορούν να εξαλειφθούν οι απώλειες από την εξάτμιση ή από τις επιβαρυνμένες με ρύπους εκροές. Υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις όπου το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα δε μπορεί να μηδενιστεί όπως στην περίπτωση όπου το νερό χρησιμοποιείται για να ενσωματωθεί στο προϊόν ή όταν το νερό εφαρμόζεται σε ανοιχτό χώρο οπότε και δε μπορεί να αποφευχθεί εντελώς η εξάτμιση. Αυτές οι περιπτώσεις όμως αποτελούν ελάχιστο τμήμα του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος. Επίσης το μόνο Γκρίζο Υδατικό αποτύπωμα που δε μπορεί να μηδενιστεί είναι αυτό που συνδέεται με τη θερμική ρύπανση αν και σε αυτή την περίπτωση μπορεί μερικώς να επαναχρησιμοποιηθεί αφού ψυχθεί και χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς πριν την απόρριψή του στο περιβάλλον.

Στη γεωργία το Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να μηδενιστεί εμποδίζοντας την από εδάφους εφαρμογή των ρυπαντών (λιπάσματα, φυτοπροστατευτικά). Μπορεί να μειωθεί σημαντικά εφαρμόζοντας λιγότερα χημικά και βελτιώνοντας τις πρακτικές και το χρόνο εφαρμογής έτσι ώστε μικρότερη ποσότητα επιβαρυντών να φτάνει μέσω έκπλυσης και απορροής στα υδατικά συστήματα. Το Πράσινο και το Μπλε Υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μειωθεί αυξάνοντας την πράσινη και μπλε παραγωγικότητα. Αυτό μπορεί να γίνει με την ευφύεστερη εφαρμογή της άρδευσης έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή ανά όγκο εξατμιζόμενου νερού. Στον πίνακα συνοψίζονται οι κατευθύνσεις μείωσης των συστατικών του Υδατικού Αποτυπώματος .

Πίνακας 5.1 Κατευθύνσεις μείωσης Υδατικού Αποτυπώματος ανά παραγωγικό τομέα και ανά συστατικό ΥΑ

	Γεωργία	Βιομηχανία
Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα	Μείωση με: <ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση της παραγωγικότητας του πράσινου νερού στις ξηρικές και αρδευόμενες καλλιέργειες • Αύξηση της συνολικής παραγωγής από τις ξηρικές καλλιέργειες 	(Δεν έχει εφαρμογή)
Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα	Μείωση με: <ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση της παραγωγικότητας του μπλε νερού στις αρδευόμενες καλλιέργειες • Μείωση της αναλογίας πράσινου/μπλε ΥΑ 	Εκμηδενισμός με: <ul style="list-style-type: none"> • εκμηδενισμό των απωλειών από εξάτμιση και απορροές μέσω της πλήρους ανακύκλωσης (κλειστό σύστημα παραγωγής)
Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα	Μείωση με: <ul style="list-style-type: none"> • Μειωμένη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών • Αποτελεσματικότερη εφαρμογή Εκμηδενισμός με: <ul style="list-style-type: none"> • Οργανική γεωργία για εκμηδενισμό του αποτυπώματος 	Εκμηδενισμός με: <ul style="list-style-type: none"> • Μηδέν ρύπανση • Πλήρη ανακύκλωση

Δεν είναι αναγκαίο κάποιος να συμπεριλάβει όλα τα στάδια. Στην πρώτη φάση οπου τίθενται ο σκοπός και οι στόχοι μελέτης του ΥΑ μπορεί ο μελετητής να αποφασίσει να σταματήσει στον υπολογισμό του ΥΑ και να μη συνεχίσει στα επόμενα στάδια ή να συνεχίσει μέχρι την ανάλυση βιωσιμότητας και να επιλέξει να μη συνεχίσει στην αντιμετώπιση ή τη λήψη αποφάσεων.

5.5 Αξιοποίηση του ΥΑ ως εργαλείο ορθολογικής άρδευσης

Το Υδατικό Αποτύπωμα δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της χρήσης και ρύπανσης των υδάτινων πόρων σε διάφορα επίπεδα (χώρας, υδρολογικής λεκάνης, οριοθετημένης περιοχής, διαδικασίας, καλλιέργειας, προϊόντος, επιχείρησης, καταναλωτή) και αντίστοιχα

προσφέρει τη βάση σχεδιασμού διορθωτικών κινήσεων. Με γνώμονα τη μείωση των επιμέρους αποτυπώματων (πράσινο, μπλε, γκρίζο) είναι δυνατόν να σχεδιαστούν αντίστοιχες δράσεις που στο τέλος οδηγούν στην ορθολογική διαχείριση. Πιο συγκεκριμένα:

Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα: Η μείωση του πράσινου υδατικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί αυξάνοντας την παραγωγικότητα του πράσινου νερού στις αρδευόμενες και ξηρικές καλλιέργειες. Σε παγκόσμιο επίπεδο, στόχος είναι η αύξηση της συνολικής παραγωγής από τις ξηρικές καλλιέργειες.

Σε επίπεδο καλλιέργειας το πράσινο υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μειωθεί με:

- Καλύτερη αξιοποίηση του Πράσινου νερού
- Αύξηση της παραγωγικότητας του νερού στις ξηρικές καλλιέργειες
 - Διαχείριση της εδαφικής υγρασίας και όπου είναι δυνατόν συμπληρωματική άρδευση με βρόχινο νερό όπου είναι δυνατή η συγκέντρωση και αποθήκευση βρόχινου νερού.
 - Βελτίωση της διαχείρισης της γονιμότητας του εδάφους
 - Επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων με ξηρικές ποικιλίες

Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα: Η μείωση του μπλε υδατικού αποτυπώματος συνδέεται με την αύξηση της παραγωγικότητας του μπλε νερού στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Γενικευμένο στόχο αποτελεί η μείωση του παγκοσμίου μπλε υδατικού αποτυπώματος.

Σε επίπεδο καλλιέργειας το μπλε υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μειωθεί με:

- Περιορισμό της απώλειας νερού
- Γεωργία Ακριβείας – Άρδευση Ακριβείας

Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα: Η μείωση του γκρίζου υδατικού αποτυπώματος απαιτεί τη μείωση της χρήσης συνθετικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών και τις αποτελεσματικότερες εφαρμογές. Το γκρίζο υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μηδενιστεί κατά τη βιολογική γεωργία.

Σε επίπεδο καλλιέργειας η μείωση του γκρίζου υδατικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί με:

- Μείωση ρυπαντών

- Βιολογική / ολοκληρωμένη γεωργία

Η ορθολογική άρδευση μιας καλλιέργειας λαμβάνει υπόψη της ένα πλήθος παραγόντων που συνδέονται με το έδαφος, τα στάδια ανάπτυξης του φυτού, την ποικιλία, την κατεύθυνση παραγωγής κα. Για την κατάρτιση προγράμματος άρδευσης απαιτούνται στοιχεία σχετικά με το κλίμα, τον τύπο και το βάθος του εδάφους, το ανάγλυφο του ελαιώνα, την ποιότητα του νερού, την καλλιέργεια (πυκνότητα φύτευσης, ποικιλία, ηλικία, βάθος ενεργού ριζοστρώματος, φυλλική επιφάνεια κοκ), την εδαφοκάλυψη και το χειρισμό των ζιζανίων, τους καλλιεργητικούς στόχους και τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης (Τσιρογιάννης, 2018). Τα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας διαφέρουν και είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατάρτιση ενός προγράμματος ορθολογικής άρδευσης. Στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας συνήθως την περίοδο από Φθινοπώρου έως και τα μέσα της Άνοιξης οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από τις βροχοπτώσεις ενώ συνήθως άρδευση απαιτείται το διάστημα από μέσα Ιουνίου έως και Σεπτέμβριο.

Το Υδατικό Αποτύπωμα αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την ορθολογική διαχείριση των υδάτων στην καλλιέργεια και συνεπικουρεί στο σχεδιασμό ορθολογικού προγράμματος άρδευσης. Με το υπολογισμό του ΥΑ και κυρίως των επιμέρους συστατικών (μπλε, πράσινο, γκριζο ΥΑ) καταδεικνύονται αρχικά τα «hotspots» στην αρδευτική πρακτική που εφαρμόζεται και οι δράσεις που θα ακολουθήσουν προς την κατεύθυνση της μείωσής του.

Η μείωση των πράσινων και μπλε Υδατικών Αποτυπωμάτων μέσω της παραγωγικότερης χρήσης του πράσινου νερού (νερό βροχής) και τον περιορισμό των απωλειών του μπλε νερού (νερό άρδευσης) μπορεί να επιτευχθεί σε επίπεδο άρδευσης μέσω:

- της διαχείρισης της εδαφικής υγρασίας με τη χρήση αισθητήρων υγρασίας εδάφους, όπως συμβατικά ή ηλεκτρονικά τασίμετρα ή ηλεκτρονικά υγρασιόμετρα
- των εργαλείων υποστήριξης λήψης απόφασης (DSS tools). Καλύτερα και οικονομικότερα αποτελέσματα προσφέρουν κεντρικά συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης.
- της επιλογής αποτελεσματικών συστημάτων άρδευσης (μικροεκτοξευτήρες, στάγδην άρδευση κτλ.)
- της αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών άρδευσης (επεξεργασμένα απόβλητα, συλλογή βρόχινου νερού κτλ.)

Η μείωση του γκρίζου υδατικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί με:

- Μείωση ρυπαντών
- Βιολογική / ολοκληρωμένη γεωργία

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

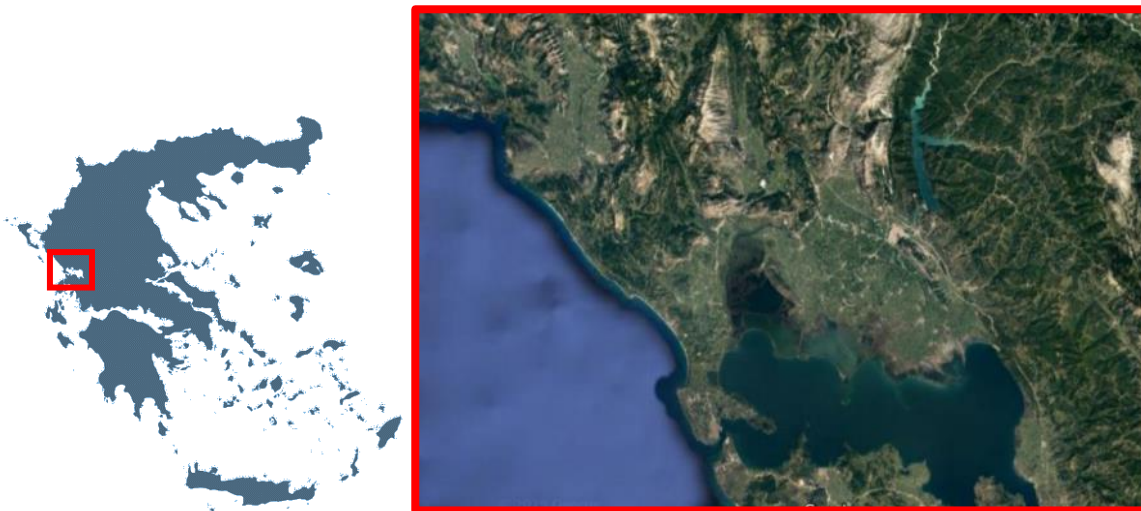
6. Σκοπός

Σκοπός του πειράματος είναι η σύγκριση της επικρατούσας αρδευτικής πρακτικής σε ελαιώνες Κονσερβολιάς Άρτας ΠΓΕ με τη συμβουλή συστήματος IRMA SYS καθώς και ο υπολογισμός του Υδατικού αποτυπώματος των πρακτικών αυτών. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε ένας τυπικός ελαιώνας σε περιοχή εντός των ορίων καλλιέργειας Κονσερβολιάς ΠΓΕ. Ο όρος τυπικός αναφέρεται στις καλλιεργητικές πρακτικές (άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία κτλ) που εφαρμόζονται και που αντανακλούν την επικρατούσα πρακτική της περιοχής.

7. Υλικά και Μέθοδοι

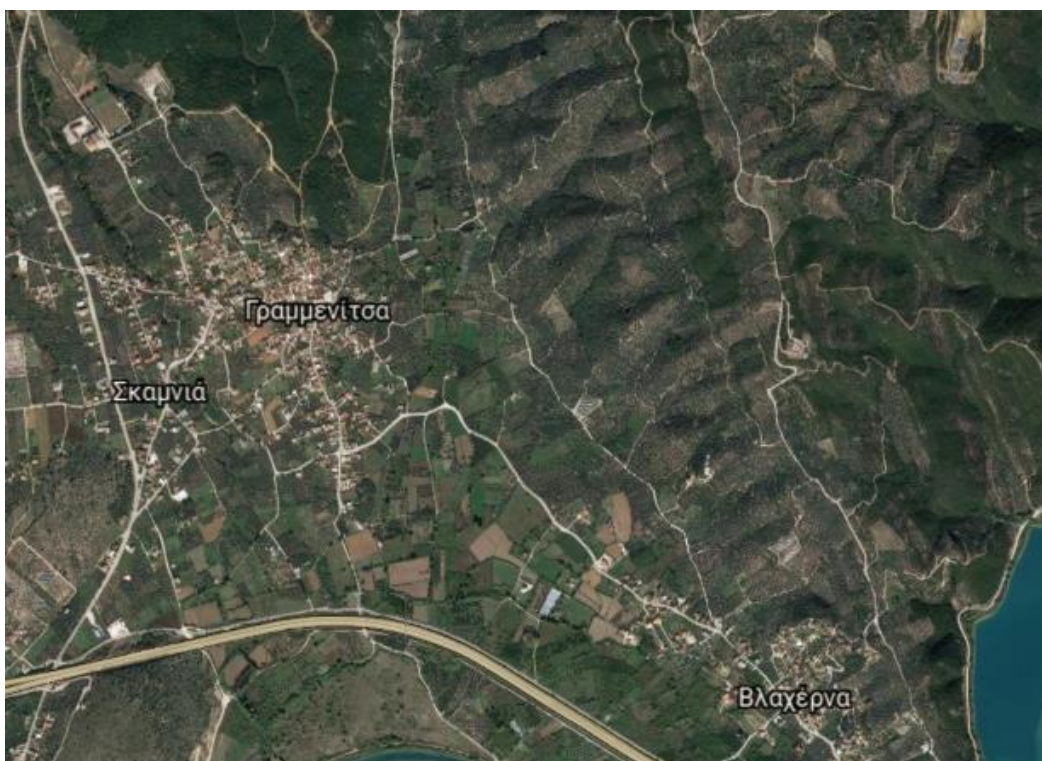
7.1 Γεωγραφική θέση

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε την αρδευτική περίοδο 2021 σε ελαιώνα στη Γραμμενίτσα Άρτας στη βορειοδυτική Ελλάδα. Ο Νομός Άρτας ανήκει γεωγραφικά και διοικητικά στην Ήπειρο και καταλαμβάνει το ΝΑ τμήμα της.



Εικόνα 7.1 Πειραματική περιοχή: Γραμμενίτσα Άρτας στη Βορειοδυτική Ελλάδα

Η Γραμμενίτσα Άρτας είναι χωριό του Δήμου Αρταίων και απέχει από την πόλη της Άρτας περίπου 7 χιλιόμετρα.



Εικόνα 7.2 Γραμνίτσα Άρτας (Google Earth)

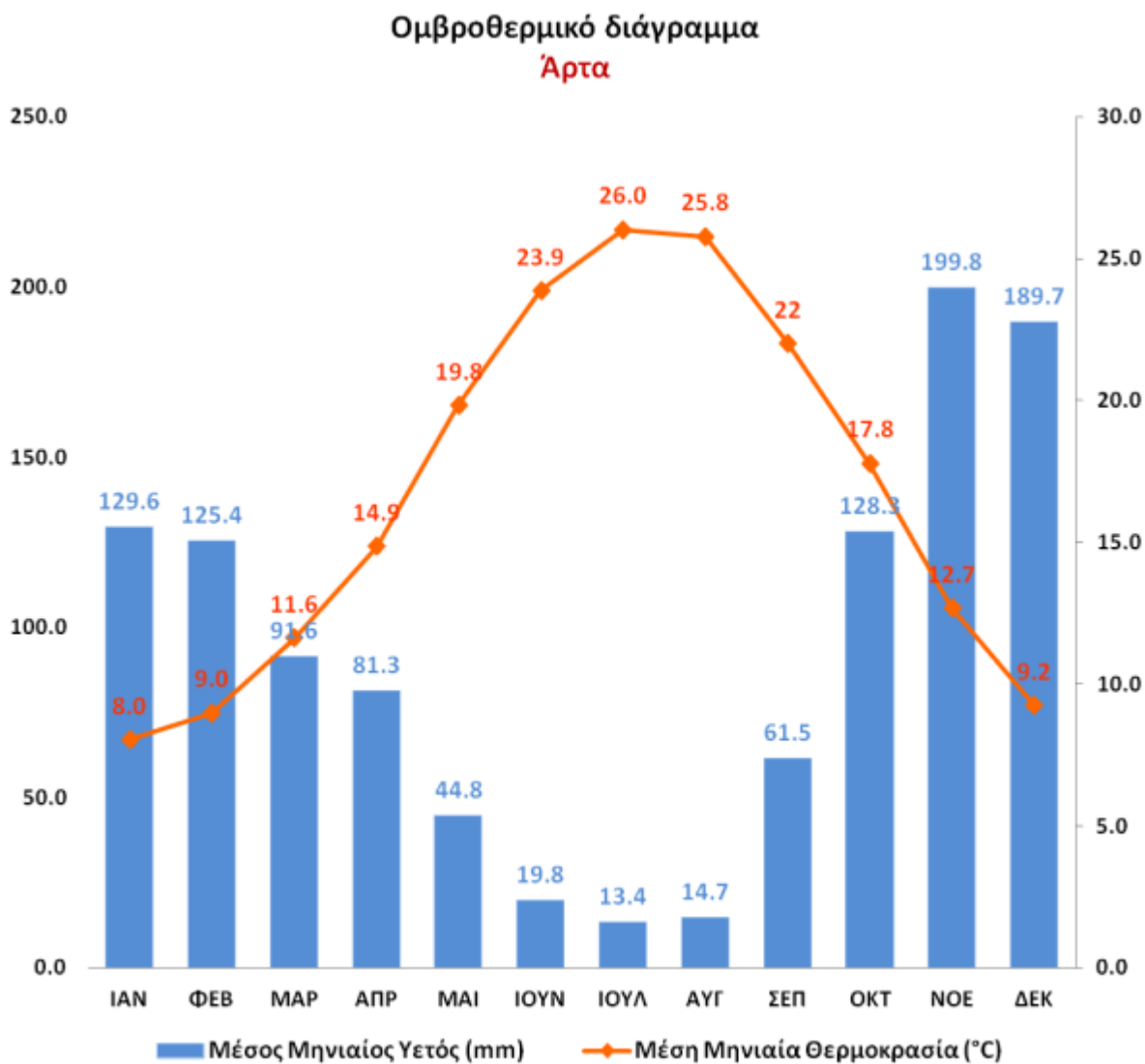
7.2 Μετεωρολογικά – κλιματικά στοιχεία της περιοχής

Το κλίμα της Άρτας, χαρακτηρίζεται σαν ήπιο μεσογειακού τύπου, με ξηρό θέρος και υγρό αλλά όχι ψυχρό χειμώνα.

Η ηλιοφάνεια αγγίζει περίπου τις 2500 ώρες το χρόνο. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ηλιοφάνειας ανέρχεται σε 121,1 ημέρες. Απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες σημειώνονται συνήθως τον Ιανουάριο και οι απόλυτα μέγιστες τους ξηροθερμικούς μήνες, δηλαδή τον Ιούλιο και τον Αύγουστο (ΕΜΥ, 2021).

Σε γενικές γραμμές η ετήσια πορεία της σχετικής υγρασίας ακολουθεί την ετήσια πορεία των βροχών και είναι αντίστροφη σχεδόν με την ετήσια πορεία της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας. Οι βροχές στην περιοχή διακρίνονται από άνιση κατανομή στη διάρκεια του έτους, χαρακτηριστικό του Μεσογειακού κλίματος. Έτσι διαμορφώνονται δύο εντελώς διαφορετικές περιόδους, μια πολύμοβρη από τα μέσα του φθινοπώρου μέχρι τα μέσα της άνοιξης και μια σχεδόν άνομβρη το θέρος. Οι πρώτες βροχοπτώσεις λαμβάνουν χώρα στα μέσα Σεπτεμβρίου. Έπειτα ακολουθεί μια μικρή περίοδος με ηλιόλουστες και σχετικά

ζεστές φθινοπωρινές μέρες ενώ από τα μέσα Οκτωβρίου αρχίζουν οι έντονες και παρατεταμένες βροχές που διατηρούνται σχεδόν μέχρι τα μέσα της άνοιξης.



Εικόνα 7.3 Ομβροθερμικό διάγραμμα Άρτας (EMY, 2021)

Όσο αφορά τη σχετική υγρασία, το μέγιστο σημειώνεται συνήθως κατά το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο που επικρατούν υψηλές βροχοπτώσεις και νότιοι άνεμοι ενώ το ελάχιστο σημειώνεται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Από τον Ιανουάριο η σχετική υγρασία ελαττώνεται προοδευτικά και αλματώδης στο δίμηνο Μαΐου και Ιουνίου με τις μικρότερες τιμές να λαμβάνει τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Ολικοί παγετοί δεν παρατηρούνται στην περιοχή παρά μόνο μερικοί που διαρκούν λίγες ώρες και εμφανίζονται από τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο και κυρίως τον Ιανουάριο με Φεβρουάριο. Οι ημέρες παγετού το χρόνο ανέρχονται σε 12,4 κατά μέσω όρο.

Χαλαζόπτωση παρατηρείται σπανίως κατά φθινοπωρινούς μήνες, είναι μικρής διάρκειας και με κόκκους μικρής διαμέτρου.

Στην περιοχή επικρατούν βορειοανατολικοί άνεμοι και η ένταση τους κυμαίνεται από 4,6 έως 6,5 Beaufort (EMY, 2021).

7.3 Περιγραφή του ελαιώνα

Ο ελαιώνας βρίσκεται στη θέση Λιβιάδι σε απόσταση περίπου 100 μέτρων από τον οικισμό της Γραμμενίτσας. Έχει γεωγραφικό πλάτος 39.179707, γεωγραφικό μήκος 20.979009 και υψόμετρο περίπου 25 μέτρα. Ο ελαιώνας δεν έχει κλίση και η έκθεση του είναι Νοτιοανατολική. Λαμβάνει έκταση 0,3 εκταρίων και περιέχονται σε αυτό 72 ελαιόδεντρα ηλικίας 37 ετών ποικιλίας Κονσερβολιά Άρτας ΠΓΕ. Τα δέντρα είναι φυτεμένα κατά τετράγωνα με απόσταση 6 μέτρων ανά δέντρο επι της γραμμής φύτευσης όπου αναλογούν 240 δέντρα ανά εκτάριο.



Εικόνα 7.4 Πειραματικός ελαιώνας στη Γραμμενίτσα Άρτας

7.4 Άρδευση

Η άρδευση του ελαιώνα πραγματοποιείται με τη μέθοδο της μικροάρδευσης και συγκεκριμένα με μικροεκτοξευτήρες παροχής 90 λίτρων ανά ώρα. Οι μικροεκτοξευτήρες

είναι εφαρμοσμένοι σε αγωγό διαμέτρου Φ7 το οποίο συνδέεται στον αγωγό εφαρμογής διαμέτρου Φ25. Κάθε αγωγός εφαρμογής συνδέεται στον κύριο αγωγό διαμέτρου Φ32. Σε κάθε δέντρο αντιστοιχεί ένας μικροεκτοξευτήρας όπου διαβρέχει έκταση περίπου 4 τετραγωνικών μέτρων. Η υδροληψία προέρχεται από κρουνό του ΤΟΕΒ Βλαχέρνας-Γραμμενίτσας που βρίσκεται σε απόσταση περίπου 200 μέτρων από τον ελαιώνα.

7.5 Μεταχειρίσεις

Για τη σύγκριση του DSS:

Για τη σύγκριση του DSS τοποθετήθηκαν αισθητήρες υγρασίας στον ελαιώνα σε βάθος 30cm ,σε απόσταση 2m από τον κορμό και τα δεδομένα υγρασίας αποθηκευόταν κάθε 30min στο καταγραφικό δεδομένων.

Ακολουθήθηκε άρδευση σύμφωνα με την αρδευτική πρακτική του παραγωγού και έγινε σύγκριση με την αρδευτικής πρακτική που ορίζει το IRMA_SYS μέσω των συμβουλών άρδευσης που προσφέρει.

Για τον υπολογισμό του Υδατικού Αποτύπωματος:

Το Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίστηκε για τρεις διαφορετικές πρακτικές που αποτελούν και τις μεταχειρίσεις του πειράματος:

- Μεταχείριση 1: Σε μια γραμμή δέκα δένδρων δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση (ξηρική καλλιέργεια)
- Μεταχείριση 2: Σε μια γραμμή δέκα δένδρων εφαρμόστηκε άρδευση σύμφωνα με την αρδευτική πρακτική του παραγωγού που αντικατοπτρίζει την αρδευτική πρακτική της περιοχής.
- Μεταχείριση 3: Σε μια γραμμή δέκα δένδρων εφαρμόστηκε άρδευση σύμφωνα με τις συμβουλές άρδευσης που παρείχε το IRMA_SYS.

7.6 Μετρήσεις παραμέτρων και λήψη δεδομένων

Μέτρηση ποσότητας άρδευσης

Η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε μέσω των αρδεύσεων μετρήθηκε με υδρόμετρο ριπής 1'' της εταιρείας Madalena DS-TRP(Madalena,SPA Italy) Κάθε υδρόμετρο εφαρμόστηκε στον αγωγό εφαρμογής. Η ένδειξη του υδρομέτρου καταγραφόταν μετά από κάθε άρδευση και καταχωρούταν στο IRMA_SYS.



Εικόνα 7.5 Υδρόμετρο

Μέτρηση της εδαφικής υγρασίας

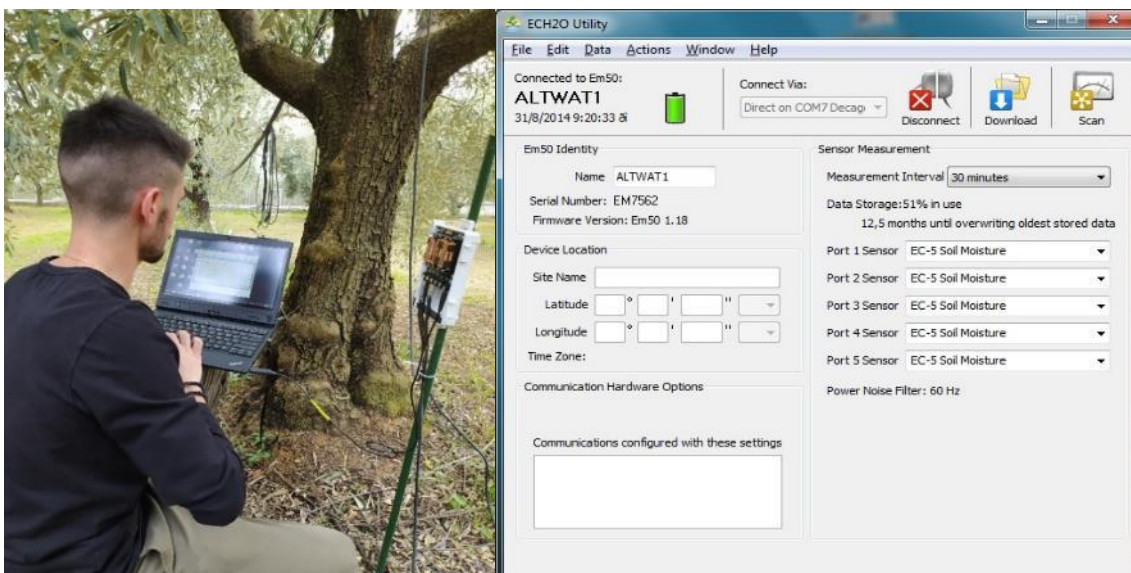
Για την μέτρηση της εδαφικής υγρασίας χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας 10HS της σειράς ECH₂O της εταιρείας Meter (Meter Inc, USA). Πρόκειται για έναν πυκνωτικό (capacitance), τύπου συνεπίπεδου πυκνωτή που μετρά κατ' όγκο υγρασία έμμεσα μέσω μετρήσεων της διηλεκτρικής σταθεράς του εδάφους στο πεδίο των συχνοτήτων (frequency domain). Σύμφωνα με το τεχνικό φυλλάδιο ο αισθητήρας συστήνεται για μετρήσεις υγρασίας σε ανόργανα εδάφη.

Η αρχή υπολογισμού βασίζεται στη μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται για την φόρτιση (ή εκφόρτιση) του πυκνωτή (έδαφος) υπό την επίδραση κυματοειδούς εισόδου και την σχέση αυτής με την διηλεκτρική σταθερά του εδάφους η οποία θα αλλάζει ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε νερό. Η σχέση αυτή είναι σε συμφωνία με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και δείχνει ότι ο χρόνος που θα απαιτηθεί για τη φόρτιση του πυκνωτή θα είναι ανάλογος της διηλεκτρικής σταθεράς και της χωρητικότητας αυτού.



Εικόνα 7.6 Αισθητήρας υγρασίας και εγκατάσταση αισθητήρα

Οι καταγραφές της εδαφικής υγρασίας αποθηκεύτηκαν στο καταγραφικό δεδομένων (data logger) EM50 της Meter (Meter Inc, USA). Το καταγραφικό λειτουργεί με 5 μπαταρίες AA και μπορεί να δεχτεί από έναν έως 5 αισθητήρες με βύσμα stereo plug. Ο χειρισμός του έγινε μέσω του ECH₂O Utility Software. Για την σύνδεση του υπολογιστή με το EM50



Εικόνα 7.7 Λήψη δεδομένων αισθητήρων υγρασίας

χρησιμοποιήθηκε καλώδιο το οποίο συνδέεται με βύσμα usb στον υπολογιστή και με βύσμα stereo plug (3.5mm) στο data logger.

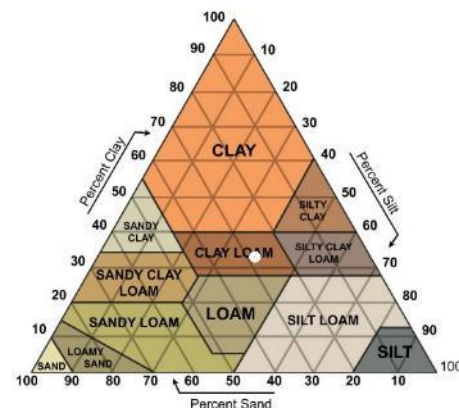
Με την ολοκλήρωση της σύνδεσης μπορούμε να ορίσουμε εάν και ποιος αισθητήρας αντιστοιχεί σε κάθε σημείο σύνδεσης (port) καθώς και τη συχνότητα καταγραφής (ή αν δεν καταγράφει).

7.7 Προσδιορισμός Μηχανικής Σύστασης εδάφους

Η ανάλυση για τη μηχανική σύσταση του εδάφους του ελαιώνα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου (Bouyoucos, 1936) στο εργαστήριο θρέψης και εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στο Campus Κωστακίων. Η ανάλυση εδάφους για δείγμα 0-30cm έδειξε ότι πρόκειται για αργιλοπηλώδες έδαφος (Άμμος 27,72%, Ιλύς 38%, Άργιλος 34,28%).

Αυτός ο τύπος εδάφους έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Twarakavi, Sakai, & Simunek, 2009):

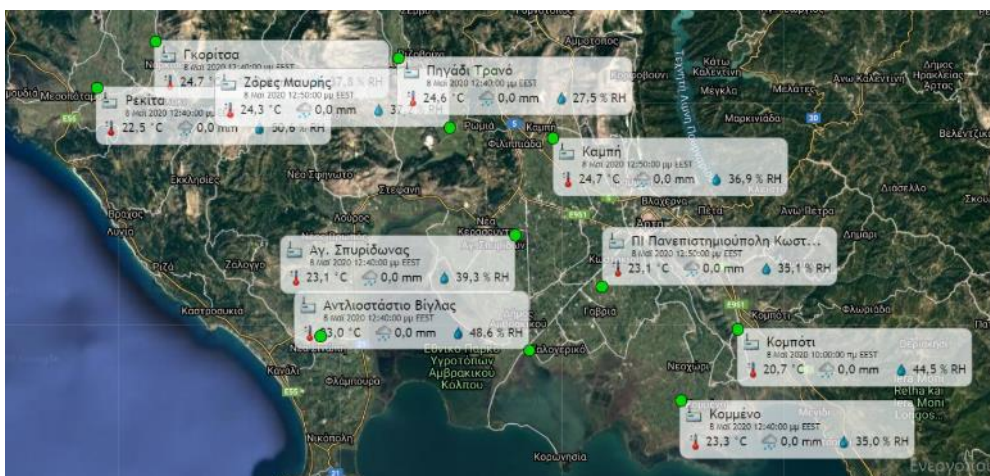
- Υδατοικανότητα 34%
- Σημείο μόνιμης μάρανσης 19%
- Εδαφική υγρασία στον κορεσμό 51%.



Εικόνα 7.8 Λήψη δείγματος εδάφους από τον πειραματικό ελαιώνα και προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης.

7.8 Μετεωρολογικά δεδομένα

Στην πεδιάδα της Άρτας αλλά και σε περιοχές της Ηπείρου έχει εγκατασταθεί από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών (Εικόνα 7.9). Το IRMA_SYS αξιοποιεί τα μετεωρολογικά δεδομένα από το δίκτυο των σταθμών αυτών και έπειτα από εφαρμογή της μεθόδου IDW (Inverse Distance Weightin) δίνεται η δυνατότητα εκτίμησης των μετεωρολογικών παραμέτρων σε επίπεδο συγκεκριμένου αγροτεμαχίου (Tegos A. , και συν., 2017b).



Εικόνα 7.9 Δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας στην Ήπειρο και στην πεδιάδα της Άρτας

7.9 Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής έγινε με τη βοήθεια του προγράμματος Cropwat που έχει αναπτύξει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Γεωργίας (FAO). Τα μετεωρολογικά δεδομένα καθώς και δεδομένα σχετικά με την καλλιέργεια, την άρδευση και το έδαφος εισάγονται στο πρόγραμμα και υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας.

7.10 Παραμετροποίηση του DSS

Για τον επιλεγμένο ελαιώνα εφαρμόστηκε η ακόλουθη παραμετροποίηση στο IRMA_SYS (Εικόνα 7.10).

Ενημέρωση αγροτεμαχίου



Κάντε κλικ στο χάρτη για να προσθέσετε τις συντεταγμένες του αγροτεμαχίου σας

Όνομα αγροτεμαχίου

Το αγροτεμάχιο είναι εικονικό

Συνολική έκταση (m²)

Αρδευόμενη έκταση (m²)

Διαβρεχόμενη έκταση (m²)

Συντεταγμένες

Γεωγραφικό μήκος και πλάτος σε μίρες με δεκαδικά

Καλλιέργεια

Μέθοδος άρδευσης

Έκθεση εδαφολογικής ανάλυσης

Δεν επιλέχθηκε κανένα αρχείο.

Προβολή πληροφοριών έργου OEB

Χρήση προσαρμοσμένων παραμέτρων

Όνομα για το σύνολο προσαρμοσμένων παραμέτρων

Προσοχή! Μπορεί να σας βοηθήσει να θυμάστε γιατί χρησιμοποιήσατε προσαρμοσμένες παραμέτρους.

Διαχείριση άρδευσης

Αρδευτική αποδοτικότητα

Προκαθορισμένη τιμή για την επιλεγμένη μέθοδο άρδευσης: 0.8

Συντελεστής επαναπλήρωσης

Προκαθορισμένη τιμή: 0.5

Καλλιέργεια

Μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα

Προκαθορισμένη τιμή για την επιλεγμένη καλλιέργεια: 0.65

Εκτιμώμενο μέγιστο βάθος ριζοστρώματος (m)

Προκαθορισμένη τιμή για την επιλεγμένη καλλιέργεια: 1.7

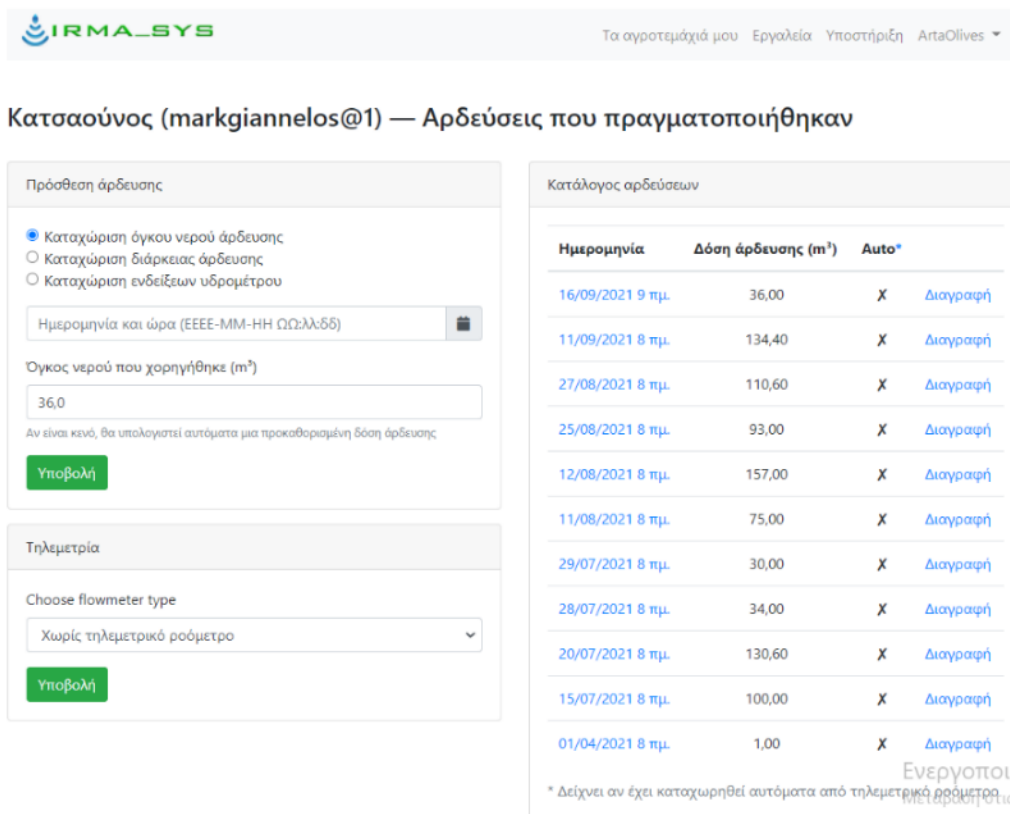
Εκτιμώμενο ελάχιστο βάθος ριζοστρώματος (m)

Προκαθορισμένη τιμή για την επιλεγμένη καλλιέργεια: 1.2

Εικόνα 7.10 Πεδίο παραμετροποίησης του αγροτεμαχίου στο IRMA_SYS

Καταχώρηση άρδευσης στο IRMA_SYS

Οι αρδεύσεις καταχωρούνταν στο IRMA_SYS την ημέρα της εφαρμογής τους λαμβάνοντας τις μετρήσεις από τα εγκατεστημένα υδρόμετρα.



The screenshot displays the IRMA_SYS web interface. At the top, the logo and navigation menu are visible. The main heading is "Κατσαούνος (markgiannelos@1) — Αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν".

Πρόσθεση άρδευσης

- Καταχώριση όγκου νερού άρδευσης
- Καταχώριση διάρκειας άρδευσης
- Καταχώριση ενδείξεων υδρομέτρου

Ημερομηνία και ώρα (EEEE-MM-HH ΩΩ:λλ:δδ)

Όγκος νερού που χορηγήθηκε (m³)

Αν είναι κενό, θα υπολογιστεί αυτόματα μια προκαθορισμένη δόση άρδευσης

Τηλεμετρία

Choose flowmeter type

Κατάλογος αρδεύσεων

Ημερομηνία	Δόση άρδευσης (m ³)	Auto*	
16/09/2021 9 πμ.	36,00	X	Διαγραφή
11/09/2021 8 πμ.	134,40	X	Διαγραφή
27/08/2021 8 πμ.	110,60	X	Διαγραφή
25/08/2021 8 πμ.	93,00	X	Διαγραφή
12/08/2021 8 πμ.	157,00	X	Διαγραφή
11/08/2021 8 πμ.	75,00	X	Διαγραφή
29/07/2021 8 πμ.	30,00	X	Διαγραφή
28/07/2021 8 πμ.	34,00	X	Διαγραφή
20/07/2021 8 πμ.	130,60	X	Διαγραφή
15/07/2021 8 πμ.	100,00	X	Διαγραφή
01/04/2021 8 πμ.	1,00	X	Διαγραφή

* Δείχνει αν έχει καταχωρηθεί αυτόματα από τηλεμετρικό ροόμετρο

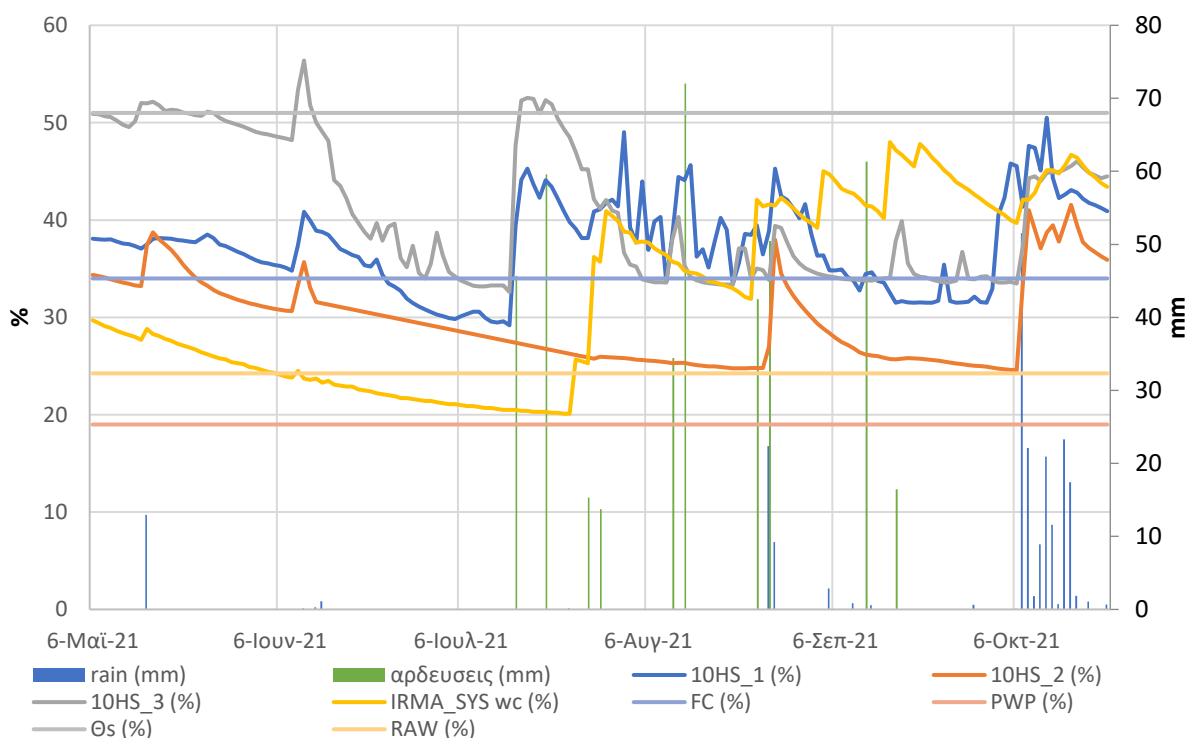
Εικόνα 7.11 Πεδίο καταχώρησης των αρδεύσεων στο IRMA_SYS

8. Αποτελέσματα

8.1 Σύγκριση με βάση την πρακτική που ακολουθήθηκε

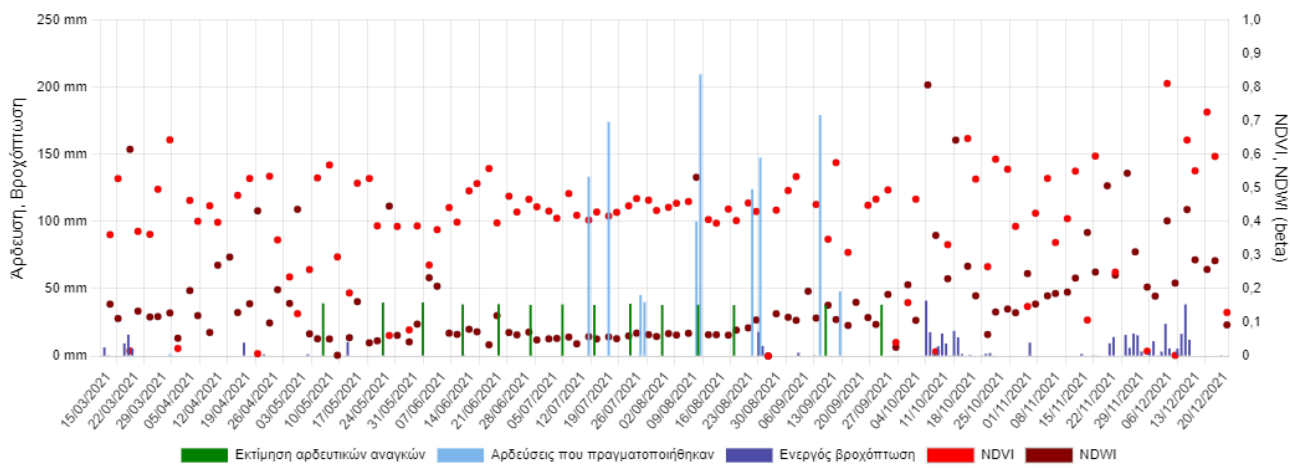
Το σύστημα με βάση την παραμετροποίηση που εφαρμόστηκε Εικόνα 7.10 πρότεινε συνολικά 13 αρδεύσεις για το διάστημα 10 Μαΐου έως 27 Σεπτεμβρίου. Η συνολική προτεινόμενη άρδευση του συστήματος ήταν 538mm ενώ η πραγματική συνολική ποσότητα άρδευσης που εφάρμοσε ο παραγωγός ήταν 1202mm. Η δυνατή εξοικονόμησης αρδευτικού νερού αν ακολουθούνταν ακριβώς η συμβουλή άρδευσης θα ήταν 123%. Η ενεργός βροχόπτωση για το διάστημα από 15 Μαρτίου έως το τέλος της περιόδου ήταν 437mm.

Στο Διάγραμμα 8.1 αποτυπώνονται η διακύμανση της υγρασίας εδάφους όπως αυτή καταγράφηκε από τους εγκατεστημένους στον ελαιώνα αισθητήρες υγρασίας εδάφους, η βροχόπτωση και η άρδευση καθώς και τα επίπεδα υδατοικανότητας (Field Capacity – FC) και του Σημείου Μόνιμης Μαρανσης (Permanent Wilting Point – PWP) στον ελαιώνα, ενώ η Εικόνα 8.1 είναι το διάγραμμα αρδευτικής αποδοτικότητας στον ελαιώνα όπως παρέχεται από το σύστημα.



Διάγραμμα 8.1 Υγρασία εδάφους όπως αυτή καταγράφηκε από τους εγκατεστημένους στον ελαιώνα αισθητήρες υγρασίας εδάφους, βροχόπτωση, άρδευση, υδατοικανότητα (Field Capacity – FC), σημείο μόνιμης

μάρανσης (Permanent Wilting Point – PWP), εύκολα διαθέσιμο νερό(Readily Available Water -RAW), κορεσμός (Θs) στον ελαιώνα.



Εικόνα 8.1 Διάγραμμα αρδευτικής αποδοτικότητας για τον ελαιώνα την αρδευτική περίοδο 2021 όπως παρέχεται από το IRMA_SYS

Η υγρασία που υπολόγισε το σύστημα ενώ ακολουθούσε την τάση των εγκατεστημένων αισθητήρων υγρασίας εδάφους απείχε αριθμητικά αρκετά, περίπου 10 μονάδες. Στις 27 Ιουλίου έγινε διόρθωση της διαβρεχόμενης έκτασης που αρχικά είχε γίνει εισαγωγή της τιμής της συνολικής έκτασης του ελαιώνα και όχι της πραγματικής έκτασης που διαβρέχεται. Αυτή η παράμετρος αποδείχτηκε ιδιαίτερα σημαντική καθώς με τη διόρθωση της οι τιμές της υγρασίας που υπολογίζει το σύστημα άρχισαν να συμβαδίζουν με αυτές που κατέγραψαν οι αισθητήρες. Μία τέτοια διόρθωση όταν γίνεται έχει ως αποτέλεσμα να τρέχει το μοντέλο ξανά από την αρχή της περιόδου, άρα όλες οι εκτιμήσεις αρδευτικών αναγκών στο διάγραμμα της αποτελεσματικότητας θα είναι με βάση τη νέα διορθωμένη τιμή. Στη περίπτωση του πειραματικού ελαιώνα στο τελικό διάγραμμα (Διάγραμμα 8.1) οι εκτιμήσεις των αρδευτικών αναγκών από την αρχή της περιόδου προκύπτουν με βάση τη διόρθωση στις 27 Ιουλίου.

8.2 Υπολογισμός Υδατικού αποτυπώματος

Το υδατικό αποτύπωμα υπολογίστηκε για τις τρεις διαφορετικές αρδευτικές πρακτικές (ξηρικό, άρδευση με βάση την επικρατούσα πρακτική στην περιοχή και άρδευση με βάση τη συμβουλή του IRMA_SYS). Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος απαιτούνται

δεδομένα όπως η ποσότητα άρδευσης, η ποσότητα και ο τύπος της λίπανσης, η ποσότητα συγκομιδής και τα μετεωρολογικά δεδομένα.

Ποσότητα Άρδευσης

Η ποσότητα άρδευσης που εφαρμόστηκε συνοψίζεται στον Πίνακα 8.1

Πίνακας 8.1 Ποσότητα εφαρμοζόμενης άρδευσης στις τρεις μεταχειρίσεις

Μεταχειρίσεις	Ποσότητα Άρδευσης (m³)	Ύψος Άρδευσης (mm)	Ύψος Αποτελεσματικής Άρδευσης (mm*0.7)
Ξηρικό	0	0	0
Επικρατούσα πρακτική	128,80	411,47	288,03
IRMA_SYS	30,80	98,48	68,94

Μετεωρολογικά δεδομένα

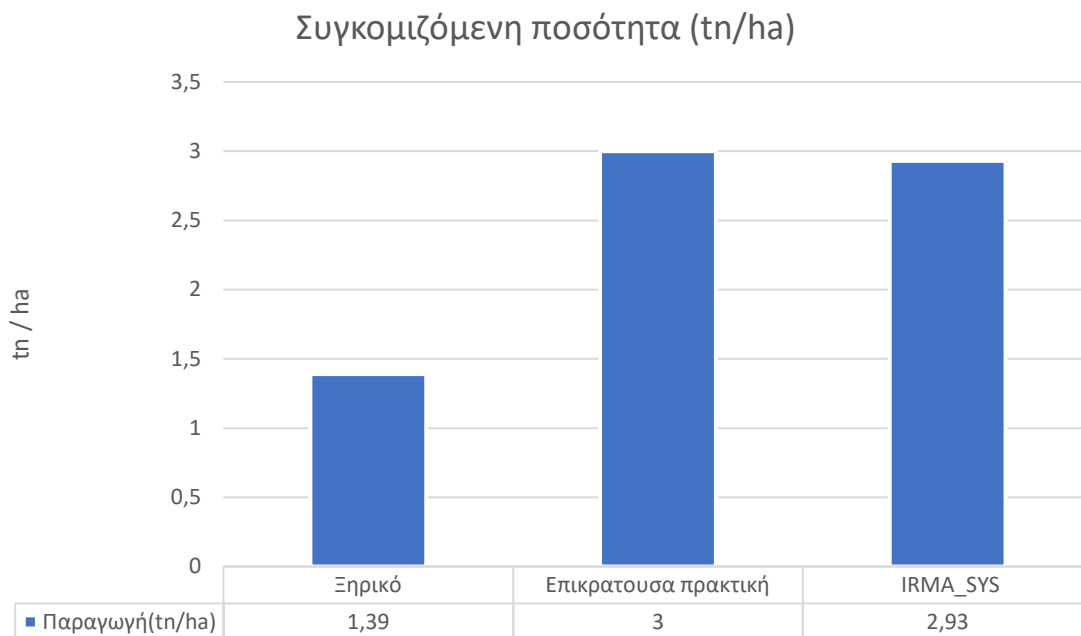
Τα μετεωρολογικά δεδομένα παρατίθενται αναλυτικά στο Παράρτημα Ι.

Δεδομένα λίπανσης

Για τον υπολογισμό του Γκρίζου Αποτυπώματος απαιτούνται δεδομένα σχετικά με τη λίπανση που εφαρμόστηκε στον ελαιώνα. Τα δεδομένα αυτά προήλθαν από τον παραγωγό και σύμφωνα με αυτά εφαρμόστηκαν 2,5 κιλά/δέντρο λιπάσματος τύπου 20-6-12 το μήνα Φεβρουάριο.

Δεδομένα συγκομιδής

Για τον υπολογισμό των επί μέρους Υδατικών Αποτυπωμάτων απαιτείται η γνώση της συγκομιζόμενης ποσότητας του ελαιώνα. Κατά τη συγκομιδή έγινε καταμέτρηση της ποσότητας του συγκομιζόμενου ελαιόκαρπου από κάθε δένδρο και από κάθε μεταχείριση. Στο Διάγραμμα 8.2 αποτυπώνεται η συγκομιζόμενη ποσότητα για κάθε μεταχείριση.



Διάγραμμα 8.2 Συγκομιζόμενη ποσότητα στις τρεις μεταχειρίσεις

Μπλε και πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα

Με τη βοήθεια των μετεωρολογικών δεδομένων και των μετρήσεων όγκου εφαρμοζόμενης άρδευσης στον ελαιώνα υπολογίζουμε την Πράσινη και Μπλε Εξατμισοδιαπνοή και στη συνέχεια την Πράσινη και Μπλε Υδατοκατανάλωση στον ελαιώνα για τις τρεις μεταχειρίσεις. Τέλος διαιρώντας με τη συγκομιζόμενη ποσότητα υπολογίζουμε το Πράσινο και Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα (Πίνακας 8.2):

Πίνακας 8.2 Υπολογισμός Πράσινου και Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος της ελαιοκαλλιέργειας

Μεταχειρίσεις	ET _{green} mm/period (mm)	ET _{blue} mm/period (mm)	Eta (mm)	CWU _{green} (m ³ /ha)	CWU _{blue} (m ³ /ha)	CWU tot (m ³ /ha)	Y (tn/ha)	WF _{green} (m ³ /tn)	WF _{blue} (m ³ /tn)
Ξηρικό	303,20	0	338,30	3032	0	3032	1,39	2181,29	0
Επικρατούσα πρακτική	139,80	274,60	414,40	1398	2746	4144	3,00	466	915,33
IRMA_SYS	268,30	114,80	383,10	2683	1148	3831	2,93	915,69	391,80

Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα εφαρμοζόμενης ποσότητας N υπολογίζουμε το Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα όπως φαίνεται στον Πίνακας 8.3:

Πίνακας 8.3 Υπολογισμός Γκρίζου Υδατικού Αποτύπωματος

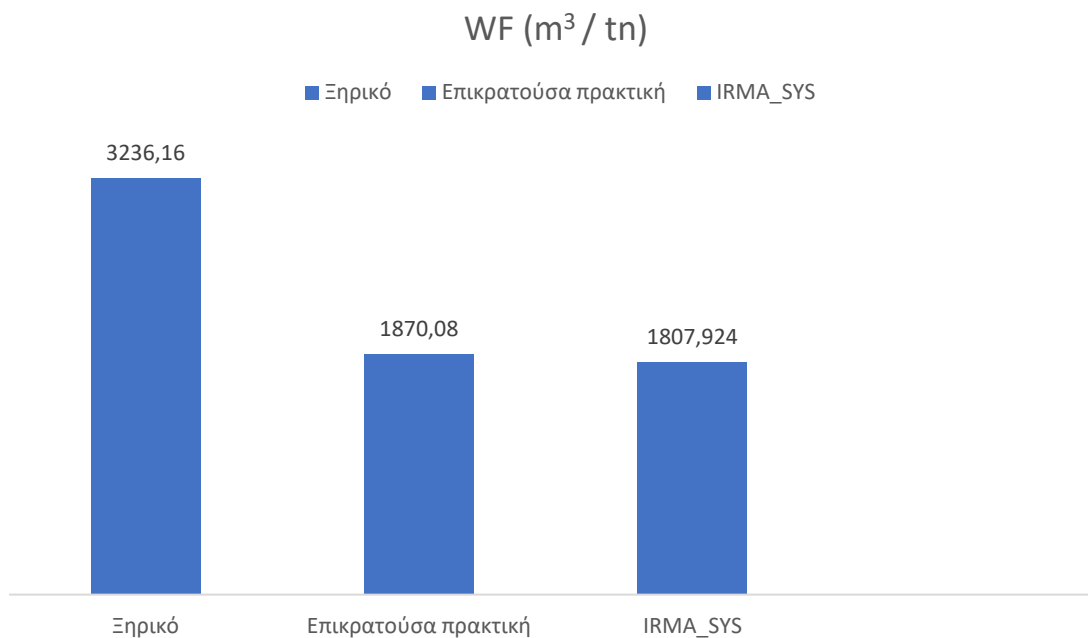
Μεταχειρίσεις	a	AR (kg/ha)	c_{max} (kg/m ³)	c_{nat} (kg/m ³)	Y (tn/ha)	WF _{grey} (m ³ /tn)
Ξηρικό	0,1	161,29	0,01129	0	1.39	1054.87
Επικρατούσα πρακτική	0,1	161,29	0,01129	0	3	488.75
IRMA_SYS	0,1	161,29	0,01129	0	2,93	500.43

Συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα

Το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα για τις τρεις μεταχειρίσεις φαίνεται στον Πίνακα 8.4:

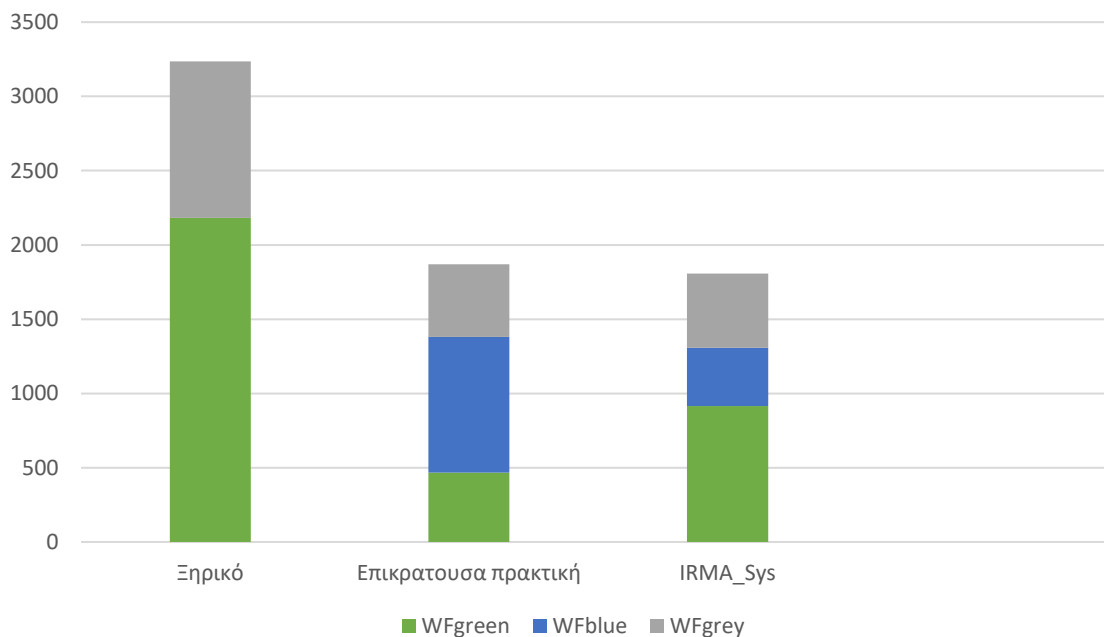
Πίνακας 8.4 Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτύπωματος

Μεταχειρίσεις	WF _{green} (m ³ /tn)	WF _{blue} (m ³ /tn)	WF _{grey} (m ³ /tn)	WF _{total} (m ³ /tn)
Ξηρικό	2181,29	0	1054,87	3236,16
Επικρατούσα πρακτική	466	915,33	488,75	1870,08
IRMA_SYS	915,69	391,80	500,43	1807,92



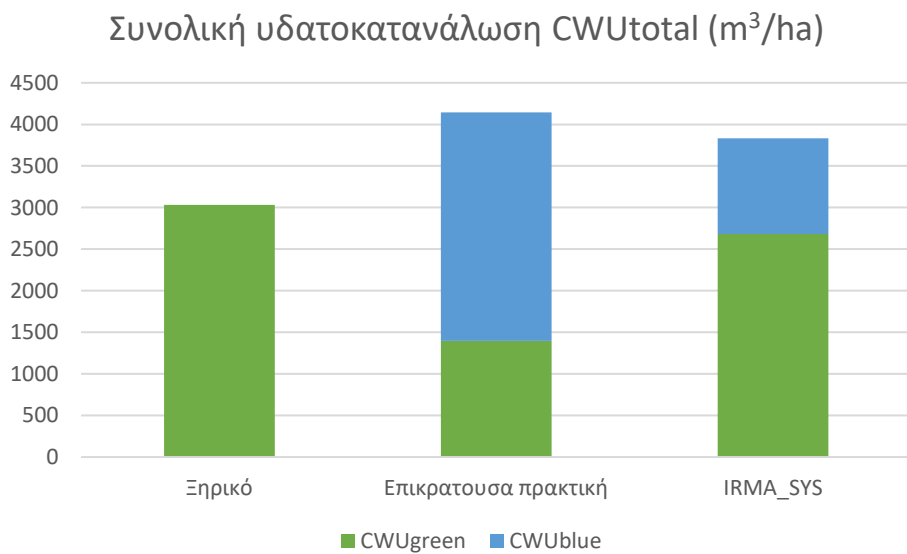
Διάγραμμα 8.3 Το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα των τριών διαφορετικών αρδευτικών πρακτικών

Η κατανομή των επιμέρους συστατικών (πράσινο, μπλε γκριζο) του Υδατικού Αποτυπώματος κάθε μεταχείρισης φαίνεται στο Διάγραμμα 8.4.



Διάγραμμα 8.4 Κατανομή των συστατικών (πράσινο, μπλε γκριζο) του υδατικού αποτυπώματος κάθε μεταχείρισης

Η συνολική υδατοκατανάλωση καθώς και η διάκριση της σε πράσινη και μπλε υδατοκατανάλωση σε κάθε μεταχείριση φαίνεται στο Διάγραμμα 8.5.



Διάγραμμα 8.5 Συνολική και πράσινη και μπλε Υδατοκατανάλωση στις τρεις μεταχειρίσεις

9. Συμπεράσματα

9.1 Σύγκριση με βάση την πρακτική που ακολουθήθηκε

Το σύστημα παροχής συμβουλών άρδευσης είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό αποτελεσματική αρδευτικής πρακτικής. Λαμβάνοντας δεδομένα από το εγκατεστημένο στην περιοχή δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών και εισάγοντας δεδομένα που αφορούν την καλλιέργεια και με βάση την πρόβλεψη του καιρού υπολογίζεται με βάση το ισοζύγιο εδαφικής υγρασίας η ανάγκη άρδευσης. Με την κατάλληλη και προσεκτική παραμετροποίηση καθώς και την έγκαιρη ενημέρωση των δεδομένων το σύστημα μπορεί να εκτιμήσει με μεγάλη ακρίβεια την υγρασία του εδάφους και λαμβάνοντας υπόψη την πρόβλεψη των μετεωρολογικών συνθηκών να παρέχει αξιόπιστες συμβουλές άρδευσης. Τα αποτελέσματα της δοκιμής έδειξαν ότι μέχρι το τέλος της αρδευτικής περιόδου η συμβουλή άρδευσης ήταν υποδιπλάσια της εφαρμοζόμενης με βάση την πρακτική του παραγωγού. Εάν ο παραγωγός είχε ακολουθήσει τη συμβουλή του IRMA_SYS θα είχε κάνει σημαντική εξοικονόμηση νερού. Σημαντικά σημεία προσοχής ήταν η σωστή παραμετροποίηση. Η λανθασμένη εισαγωγή δεδομένων διαβρεχόμενης έκτασης αποτυπώθηκε στην υγρασία εδάφους του συστήματος δίνοντας εσφαλμένη εκτίμηση. Με τη διόρθωση της παραμέτρου αυτής το σύστημα αντέδρασε άμεσα και «ακολούθησε» την πραγματική εικόνα. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι και η έγκαιρη ενημέρωση του συστήματος. Καθώς το σύστημα είναι δυναμικό έχει σημασία οι ενημερώσεις να ακολουθούν τον πραγματικό χρόνο. Έτσι στην περίπτωση της καθυστέρησης στην εισαγωγή πληροφορίας σχετικά με την άρδευση το σύστημα δεν αξιοποιεί πραγματικά δεδομένα και φυσικά δε μπορεί να είναι ακριβές στην εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας και στην παροχή αξιόπιστης συμβουλής άρδευσης.

9.2 Υδατικό Αποτύπωμα καλλιέργειας

Το Υδατικό Αποτύπωμα της ελαιοκαλλιέργειας Κονσερβολιάς Άρτας υπολογίστηκε για τρεις διαφορετικές αρδευτικές πρακτικές: καθόλου άρδευση (ξηρική καλλιέργεια), άρδευση με βάση την πρακτική του παραγωγού (επικρατούσα πρακτική) και άρδευση με βάση τη συμβουλή άρδευσης από το IRMA_SYS.

Το μικρότερο υδατικό αποτύπωμα (1807, 92 m³/tn) παρατηρείται στη μεταχείριση που αρδεύτηκε σύμφωνα με τις συμβουλές άρδευσης του IRMA_SYS ενώ το μεγαλύτερο

υδατικό αποτύπωμα παρατηρείται στην ξηρική καλλιέργεια (3236,16 m³/tn). Το υδατικό αποτύπωμα της ξηρικής καλλιέργειας είναι σχεδόν διπλάσιο από τις άλλες δυο μεταχειρίσεις και αυτό οφείλεται κυρίως στη μικρότερη συγκομιζόμενη ποσότητα που σημείωσε η μεταχείριση αυτή λόγω της έλλειψης νερού κυρίως τους θερινούς μήνες. Αυτό είχε ως συνέπεια οι πρακτικές που εφαρμόστηκαν (πχ λίπανση) να σημειώσουν μεγαλύτερο αποτύπωμα.

Η μεγαλύτερη κατανάλωση μπλε νερού (CWU_{blue}) παρατηρείται στη μεταχείριση που αρδεύτηκε σύμφωνα με την αρδευτική πρακτική του παραγωγού (όπου διαπιστώνεται η κακή αξιοποίηση του βρόχινου νερού (CWU_{green}) εφόσον ο παραγωγός διέθετε στα δέντρα εύκολα διαθέσιμο νερό μέσω της άρδευσης. Αντιθέτως στη μεταχείριση που αρδεύτηκε σύμφωνα με τις συμβουλές άρδευσης του IRMA_SYS παρατηρείται ότι η καλλιέργεια αξιοποίησε με καλύτερο τρόπο το βρόχινο νερό και το νερό της άρδευσης κάλυψε πλήρως τις ανάγκες της καλλιέργειας. Στη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση παρατηρείται ότι το βρόχινο νερό αξιοποιήθηκε περισσότερο από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις καθώς υπήρξε η μόνη πηγή νερού για την καλλιέργεια.

Όσο αφορά την ποσότητα συγκομιδής η μεταχειρίσεις που αρδεύτηκαν είχαν παρόμοια παραγωγή, σχεδόν διπλάσια από τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση.

Καθώς η συγκομιζόμενη ποσότητα επηρεάζει σημαντικά το αποτύπωμα που αφήνει κάθε καλλιεργητική πρακτική, έχει μεγάλη σημασία κατά το σχεδιασμό της διαχείρισης των εισροών σε μια καλλιέργεια να λαμβάνονται αποφάσεις που να αποβλέπουν στην αύξηση της παραγωγικότητας τους. Στο παράδειγμα της ξηρικής καλλιέργειας ενώ δεν εφαρμόστηκε άρδευση (δεν υπήρξε καθόλου κατανάλωση μπλε νερού) και θα περίμενε κανείς να είναι και η πιο φιλοπεριβαλλοντική πρακτική, το υδατικό αποτύπωμα ήταν αυξημένο γιατί οι υπόλοιπες καλλιεργητικές πρακτικές δεν τελεσφόρησαν σε επίπεδο παραγωγής. Έτσι ενώ εφαρμόστηκε η ίδια ποσότητα λίπανσης όπως και στις άλλες δυο μεταχειρίσεις εφόσον η τελική παραγωγή ήταν πολύ μειωμένη πρακτικά η ενέργεια αυτή ακυρώθηκε αφήνοντας μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Εάν είχε εφαρμοστεί άρδευση έστω στο κρίσιμο στάδιο της καλλιέργειας κατά τον Αύγουστο τότε η τελική παραγωγή θα ήταν σημαντικά αυξημένη και η εφαρμογή της λίπανσης θα είχε νόημα. Από την άλλη παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της εφαρμογής της συμβουλής IRMA_SYS στην άρδευση η προτεινόμενη

άρδευση (σε επίπεδο ποσότητας και χρόνου εφαρμογής) έδωσε περίπου την ίδια παραγωγή με τη μισή σχεδόν ποσότητα άρδευσης επιβεβαιώνοντας έτσι την αξία της εφαρμογής ορθολογικής άρδευσης. Η μεγαλύτερη υδατοκατανάλωση δεν οδηγεί σε αναλογικά μεγαλύτερη παραγωγή και ταυτόχρονα έχει μεγαλύτερη αρνητική επίδραση στο περιβάλλον.

10.Βιβλιογραφία

- Ahumada-Orellana, L. E., Ortega-Farías, S., Searles, P. S., & Retamales, J. B. (2017). Yield and Water Productivity Responses to Irrigation Cut-off Strategies after Fruit Set Using Stem Water Potential Thresholds in a Super-High Density Olive Orchard. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1280. doi:doi: 10.3389/fpls.2017.01280
- Allan, T. (1997). 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. Rome: FAO.
- Bouyoucos, G. J. (1936). Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method.. , . *Soil Sci*, 42, σσ. 27–40. doi:http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193609000-00007
- EUROSTAT. (2016). Share of irrigable and irrigated areas in utilised agricultural area (UAA) by NUTS 2 regions. Ανάκτηση 12 1, 2021, από https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/AEI_EF_IR/default/table?lang=en
- FAO. (1979). Irrigation and drainage (PAPER 33) Yield Response to Water.
- FAO. (2016). *AQUASTAT Main Database - Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Ανάκτηση 07 20, 2019, από <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). *VIRTUAL WATER TRADE: A QUANTIFICATION OF VIRTUAL WATER FLOWS BETWEEN NATIONS IN RELATION TO INTERNATIONAL CROP TRADE*. Delft: IHE Delft. Ανάκτηση από <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report11.pdf>
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Water Footprint Network. London: Earthscan. Ανάκτηση από

http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. London UK: Earthscan.

IOOC. (2020). *International Olive Council: World Table Olive Figures*. Ανάκτηση από <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2020/12/OT-W901-23-11-2020-P.pdf>

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Delft, the Netherlands: UNESCO-IHE. Ανάκτηση από <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf>

Patumi, M., d'Andria, R., Marsilio, V., Fontanazza, G., Morelli, G., & Lanza, B. (2002). Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chemistry*, 77(1), σσ. 27-34. doi:10.1016/S0308-8146(01)00317-X

Pellegrini, G., Ingraio, C., Camposeo, S., Tricase, C., Conto, F., & Huislingh, D. (2016). Application of water footprint to olive growing systems in the Apulia region: a comparative assessment. *Journal of Cleaner Production*, 112, σσ. 2407-2418. Ανάκτηση από <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.088>

Phocaides, A. (2007). *HANDBOOK ON PRESSURIZED IRRIGATION TECHNIQUES*. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Ανάκτηση από <http://www.fao.org/3/a1336e/a1336e.pdf>

Tegos, A., Malamos, N., & Koutsoyiannis, D. (2015). A parsimonious regional parametric evapotranspiration model based on a simplification of the Penman–Monteith formula. *Journal of Hydrology*, 524, pp. 708–717. doi:10.1016/j.jhydrol.2015.03.024

Tegos, A., Malamos, N., Efstratiadis, A., Tsoukalas, I., Karanasios, A., & Koutsoyiannis, D. (2017b). Parametric Modelling of Potential Evapotranspiration: A Global Survey. *Water*, 9. doi:10.3390/w9100795

Twarakavi, N. K., Sakai, M., & Simunek, J. (2009). An objective analysis of the dynamic nature of field capacity. *WATER RESOURCES RESEARCH*, VOL. 45, σ. W10410. doi:10.1029/2009WR007944

Ελληνική Δημοκρατία. (2019). Χορήγηση Άδειας Χρήσης Ύδατος για αγροτική χρήση υφισταμένου αρδευτικού δικτύου, άρδευση 5.500 στρεμμάτων στην περιοχή δικαιοδοσίας του Τ.Ο.Ε.Β. Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας, Δήμου Αρταίων, Π.Ε. Άρτας, από επιφανειακό νερό-ποταμό Άραχθο. *Αρ. Πρωτ.: 174845, 19/11/2019*. (Τ. Α. ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΗΠΕΙΡΟΥ-ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ Δ/ΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ ΗΠΕΙΡΟΥ, Συντάκτης)

ΕΛΣΤΑΤ. (2016). Ετησια Γεωργική Έρευνα Γεωργία Κτηνοτροφία Αλιεία. Ανάκτηση 12 1, 2021, από <https://www.statistics.gr/el/statistics/agr>

ΕΜΥ. (2021). Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα, Άρτα, Ηπειρος. Αθήνα. Ανάκτηση Ιανουάριος 23, 2020, από http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Epirus&poli=Arta

Ζαμπούνης, Β. (2020). *Προοπτικές Αναπτυξης της Ελαιοκομίας της Ηπείρου στο πλαίσιο της Ανοικτής Αγοράς της Ελλάδας και του Κόσμου* (Β επικαιροποιημένη εκδ.). Άρτα: Αξίον Εκδοτική / Εντύπωση.

Ζαμπούνης, Β., & Μάνος, Γ. (2014). *Προοπτική ανάπτυξης της ελαιοκομίας της Ηπείρου στο πλαίσιο της ανοικτής αγοράς της Ελλάδας και του κόσμου*. Άρτα.

Θεριός, Ι. Ν. (2006). *Ελαιοκομία*. Θεσσαλονίκη: Γαρταγάνη.

Κωστέλενος, Γ. (2011). *ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΟΜΙΑΣ ΙΣΤΟΡΙΑ, ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΕΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*. Ιδιωτική Έκδοση. doi:ISBN 9789609324793

Λύχνος, Δ. Ν. (1948). *Το δένδρον της ελαίας και η καλλιέργειά του. Τόμος Α*. . Αθήνα : Τύποις Δ. Πετράλη- Γ. Βαλιανάτου.

- Λύχνος , Δ. Ν. (1949). *Το δένδρον της ελαιίας και η καλλιέργειά του. Τόμος Β. .* Αθήναι : Τύποις Δ. Πετράλη- Γ. Βαλιανάτου.
- Μιχελιάκης, Ν. (1998). *Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευσης με σταγόνες.* Αθήνα: Εκδοτική Αγροτεχνική.
- Ξενόπουλος, Σ. (1884). *Δοκίμιον Ιστορικών Περί Άρτης και Πρεβέζης.:* Αθήνα: Έκδοση Μουσικοφιλολογικού Συλλόγου Άρτας «ΣΚΟΥΦΑΣ», Άρτα 1986.
- ΟΠΕΚΕΠΕ. (2020). Συγκεντρωτικά Στοιχεία Ενιαίων Αιτήσεων Εκμετάλλευσης. Ανάκτηση 12 1, 2021, από <http://aggregate.opkepe.gr/>
- Ποντίκης , Κ. (1992). *Ελαιοκομία. Β' έκδοση. .* Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλη.
- Τσιρογιάννης, Ι. (2018). Σύγχρονες μέθοδοι άρδευσης. Στο *Εγκυκλοπαίδεια της Ελαιοκομίας, Το ελαιόλαδο* (σσ. 93-108). Αθήνα: Αξιον Εκδοτική - Gaia ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ.
- Χαρτζουλάκης, Κ. (2019). *Η ΑΡΔΕΥΣΗ των καλλιεργειών.* Αθήνα: ΑΓΡΟτύπος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 (ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΡΑΜΜΕΝΙΤΣΑΣ 2021)

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
1/1/2021	8.86	93.88	0.16	95	5.967468	1.68
2/1/2021	9.21	88.62	0.23	89.66	5.338257	5.35
3/1/2021	11.97	99.08	0.38	52.35	1.15428	24.04
4/1/2021	10.02	94.75	0.61	17.06	0	31.81
5/1/2021	8.5	97.49	0.27	80.21	4.183785	2.67
6/1/2021	11.13	99.17	0.29	44.49	0.211657	6.89
7/1/2021	12.93	99.66	0.29	32.4	0	1.46
8/1/2021	15.43	97.7	0.79	47.18	0.45377	0.94
9/1/2021	15.67	98.7	0.28	62.02	2.041053	8.35
10/1/2021	17.59	88.8	0.78	57.69	1.534573	1.87
11/1/2021	16.64	95.04	0.75	7.39	0	21.14
12/1/2021	13.6	91.68	0.76	103.85	6.424146	5.89
13/1/2021	7.99	92.17	0.25	84.96	4.340816	0.05
14/1/2021	7.41	83.1	0.35	118.35	7.843878	7.15
15/1/2021	7.66	92.15	0.2	50.49	0.577829	0.81
16/1/2021	5.51	88.02	0.59	54.41	0.952936	3.57
17/1/2021	2.49	69.13	0.36	115.34	7.304702	0.01
18/1/2021	4.21	65.89	0.82	127.88	8.537318	0
19/1/2021	3.54	73.37	0.32	133.36	9.021359	0
20/1/2021	4.61	80.54	0.14	110.34	6.555445	0.06
21/1/2021	8.77	100.06	0.12	24.98	0	14.51
22/1/2021	11.29	99.51	0.26	52.87	0.533835	8.5
23/1/2021	11.13	99.49	1	27.13	0	33.72
24/1/2021	9.94	99.46	0.49	50.52	0.205134	11.81
25/1/2021	11.79	86.04	1.13	117.38	6.862057	11.26
26/1/2021	9.81	98.02	0.63	11.65	0	38.39
27/1/2021	5.46	64.39	1.12	134.83	8.414753	0.03
28/1/2021	3.25	73.64	0.38	138.72	8.69795	0.01
29/1/2021	6.57	91.36	0.13	39.35	0	1.32
30/1/2021	13.81	86.68	1.17	132.78	7.915088	1.09
31/1/2021	11.47	94.21	1.18	55.6	0.367507	5.98
1/2/2021	12.83	96.65	0.48	86.23	3.252144	7.16
2/2/2021	11.37	99.67	0.24	33.84	0	13.81
3/2/2021	11.23	92.34	0.26	146.16	8.778345	0.09
4/2/2021	10.63	93.93	0.21	130.01	7.151099	0.07
5/2/2021	10.45	94.03	0.16	143.81	8.33942	0.04
6/2/2021	11.43	88.68	0.12	156.67	9.423144	0.13

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
7/2/2021	12.28	83.87	0.33	96.5	3.766857	0.11
8/2/2021	15.29	78.62	1.73	60.93	0.435663	3.85
9/2/2021	12.63	97.37	0.67	48	0	5.48
10/2/2021	12.79	93.45	0.32	107.09	4.486609	0.28
11/2/2021	11.69	93.64	0.94	54.62	0	11.87
12/2/2021	10.14	89.29	0.34	136.53	6.936481	0.03
13/2/2021	9.5	99.5	0.19	26.31	0	11.58
14/2/2021	4.42	92.83	1.22	44.25	0	11.17
15/2/2021	3.35	51.6	1.81	164.96	9.109073	0.01
16/2/2021	3.12	57.61	0.58	171.2	9.531614	0
17/2/2021	4.31	72.04	0.32	161.46	8.57377	0
18/2/2021	8.42	83.95	0.38	162.34	8.534927	0
19/2/2021	8.5	82.2	0.31	164.45	8.60021	0
20/2/2021	8.42	89.02	0.39	138.68	6.315435	0
21/2/2021	9.82	80.5	0.51	170.03	8.840051	0
22/2/2021	9.22	85.19	0.35	184.21	9.9034	0
23/2/2021	9.95	87.45	0.27	186.13	9.939937	0
24/2/2021	10.63	86.51	0.29	186.75	9.868935	0.1
25/2/2021	12.93	69.93	0.76	173.68	8.683015	0.03
26/2/2021	12.36	77.41	0.45	189.59	9.858162	0
27/2/2021	11.06	88.9	0.36	186.56	9.494558	0
28/2/2021	13.46	75.49	0.66	173.25	8.313901	0
1/3/2021	13.24	80.17	0.58	153.82	6.662125	0.35
2/3/2021	11.91	65.99	0.91	196.6	9.939761	0
3/3/2021	9.86	75.22	0.42	198.53	9.973214	0
4/3/2021	10.2	81.62	0.49	214.56	11.10508	0
5/3/2021	10.41	85.63	0.33	180.4	8.335785	0
6/3/2021	10.7	94.25	0.07	72.88	0	0.56
7/3/2021	10.83	83.05	0.4	194.77	9.225156	0.01
8/3/2021	11.46	85.34	0.27	162.75	6.679741	0
9/3/2021	12.54	80.25	0.43	214.29	10.48383	0
10/3/2021	12.73	93.82	0.49	112.48	2.713433	6.51
11/3/2021	10.96	75.5	0.64	200.48	9.222956	0.01
12/3/2021	9.39	80.18	0.49	203.04	9.307429	0
13/3/2021	11.01	86.52	0.27	165.53	6.428885	0
14/3/2021	12.02	88.26	0.31	164.72	6.280756	0
15/3/2021	9.91	93.47	0.85	116.18	2.643915	7.97
16/3/2021	8.55	83.48	0.69	155.73	5.454176	0.8
17/3/2021	7.21	76.02	0.85	215	9.662363	0.04

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
18/3/2021	7.23	79.27	0.34	137.96	4.014179	0
19/3/2021	10.77	76.43	0.37	224.87	10.16753	0
20/3/2021	9.36	98.08	0.2	35.86	0	11.74
21/3/2021	13.07	91.32	0.8	77.69	0	19.82
22/3/2021	10.73	99.25	0.42	56.35	0	6.88
23/3/2021	9.39	75.98	1.24	132.95	3.312763	0
24/3/2021	10.41	51.19	0.92	228	9.894356	0
25/3/2021	8.48	55.95	0.75	252.18	11.48332	0
26/3/2021	8.04	71.27	0.57	244.9	10.87882	0
27/3/2021	9.58	78.8	0.49	261.68	11.94072	0
28/3/2021	11.8	86.61	0.68	244.34	10.6504	0
29/3/2021	12.93	91.45	0.55	227.49	9.405508	0.25
30/3/2021	13.45	72.83	0.62	224.5	9.116215	0.06
31/3/2021	13.05	68.86	0.79	258.38	11.33226	0
1/4/2021	11.97	85.99	0.68	258.9	11.27691	0
2/4/2021	13.1	86.02	0.51	235.07	9.583513	0
3/4/2021	14.25	84.9	0.39	203.41	7.378713	0.1
4/4/2021	16.7	78.97	0.54	205.82	7.468269	0
5/4/2021	14.45	83.68	0.4	187.39	6.170176	0
6/4/2021	13.79	81.42	0.99	227.26	8.751223	0
7/4/2021	14.83	84.01	1.25	191.3	6.30011	0.31
8/4/2021	12.14	62.67	1	265.93	11.15654	0.01
9/4/2021	9.56	54.38	0.63	286.61	12.4375	0
10/4/2021	9.98	68.95	0.6	277.13	11.73612	0
11/4/2021	10.86	78.69	0.61	269.65	11.17099	0
12/4/2021	13.03	79.61	0.55	264.92	10.78957	0
13/4/2021	13.5	80.73	0.41	202.79	6.685302	0.04
14/4/2021	13.65	75.82	1.09	241.28	9.119102	0
15/4/2021	11.37	72.58	0.65	273.4	11.12932	0
16/4/2021	12.69	72.7	0.3	105.84	0.272987	0
17/4/2021	16.36	68.42	0.48	102.48	0.019107	0
18/4/2021	15.77	82.93	0.9	257.23	9.895948	0.16
19/4/2021	11.2	96.09	0.27	104.25	0.05916	12.42
20/4/2021	11.05	84.95	0.64	243.73	8.916434	0.56
21/4/2021	12.15	85.33	0.6	285.45	11.5152	0.12
22/4/2021	13.18	81.33	0.17	161.2	3.568677	0
23/4/2021	15.57	86.43	0.23	82.43	0	0.4
24/4/2021	15.94	81.64	0.85	86.08	0	1.54
25/4/2021	17.38	69.61	0.86	297.42	12.04093	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
26/4/2021	15.96	79.77	0.53	296.78	11.94562	0
27/4/2021	17.28	72.12	0.43	264.39	9.856391	0
28/4/2021	20.28	68.6	0.58	246.26	8.670532	0
29/4/2021	19.36	78.61	0.4	251.61	8.960556	0
30/4/2021	21.65	69.95	0.29	283.24	10.89412	0
1/5/2021	22.54	69.85	0.16	233.47	7.740405	0
2/5/2021	21.87	79.73	0.49	220.59	6.897188	0
3/5/2021	19.54	88.92	0.5	201.46	5.668327	0
4/5/2021	18.43	82.99	0.63	296.39	11.53461	0
5/5/2021	17.73	81.92	0.56	257.73	9.092323	1.54
6/5/2021	17.93	90.61	0.49	280.77	10.48323	0.06
7/5/2021	19.21	83.1	0.26	234.76	7.595426	0.04
8/5/2021	19.54	83.47	0.67	305.12	11.91413	0
9/5/2021	21.46	71.99	0.82	308.81	12.10459	0
10/5/2021	19.47	74.64	0.61	318	12.63533	0
11/5/2021	19.03	81.73	0.59	313.54	12.32443	0
12/5/2021	18.93	87.21	0.67	277.96	10.09804	0
13/5/2021	18.34	80.85	0.93	318.56	12.56592	0
14/5/2021	17.68	81.1	0.68	283.67	10.38795	0
15/5/2021	15.46	93.27	0.4	141.65	1.631337	12.97
16/5/2021	16.92	86.46	0.85	289.3	10.67612	0.02
17/5/2021	18.89	80.41	0.45	315.4	12.25019	0
18/5/2021	19.49	88.03	0.86	299.95	11.27534	0
19/5/2021	19.17	78.71	0.68	330.71	13.13453	0
20/5/2021	17.95	75.78	1.25	294.94	10.91801	0
21/5/2021	17.88	70.8	0.78	327.43	12.88312	0
22/5/2021	18.14	76.33	0.6	319.14	12.35237	0
23/5/2021	18.21	76.72	0.52	314.93	12.07264	0
24/5/2021	20.98	77.57	0.33	301.94	11.25753	0
25/5/2021	22.4	73.45	0.48	299.56	11.09227	0
26/5/2021	20.78	78.98	0.5	298.46	11.00623	0
27/5/2021	20.54	84.17	0.78	313.48	11.90522	0
28/5/2021	20.43	82.09	0.93	328.66	12.81425	0
29/5/2021	20.08	80.9	0.62	329.47	12.84697	0
30/5/2021	20.27	87.12	0.63	273.24	9.401777	0
31/5/2021	19.71	79.34	1.15	322.29	12.37852	0
1/6/2021	18.5	72.1	1.17	334.75	13.12419	0
2/6/2021	18.37	71.8	0.65	321.07	12.27727	0
3/6/2021	19.15	77.02	0.68	331.62	12.908	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
4/6/2021	21.23	74.35	0.75	332.65	12.95935	0
5/6/2021	21.09	80.73	0.67	305.22	11.27786	0
6/6/2021	21.63	79.67	0.67	300.11	10.9571	0
7/6/2021	21.9	79.47	0.35	212.14	5.590882	0
8/6/2021	22.17	74.06	0.71	325.37	12.47871	0
9/6/2021	20.67	87.51	0.38	211.12	5.514548	0
10/6/2021	21.3	77.01	0.55	275.63	9.436363	0.16
11/6/2021	21.76	77.9	0.39	277.03	9.516013	0
12/6/2021	20.98	80.14	0.55	298.21	10.80068	0.28
13/6/2021	21.69	86.04	0.64	303	11.08815	1.11
14/6/2021	23.31	68.41	0.83	289.82	10.28226	0.04
15/6/2021	21.67	58.5	0.83	324.14	12.36914	0
16/6/2021	21.03	77.16	0.69	321.48	12.20524	0
17/6/2021	22.51	79.28	0.59	301.51	10.98805	0
18/6/2021	22.47	83.74	0.82	332.13	12.85209	0
19/6/2021	23.41	82.87	0.7	315.25	11.82442	0
20/6/2021	24.04	85.23	0.7	313.38	11.71148	0
21/6/2021	25.2	84.31	0.51	296.37	10.67705	0
22/6/2021	26.51	75.15	0.34	269.15	9.021138	0
23/6/2021	26.94	71.82	0.38	296.06	10.66339	0
24/6/2021	27.48	76.27	0.53	302.63	11.06738	0
25/6/2021	27.94	77.16	0.49	297.76	10.77503	0
26/6/2021	28.5	69.08	0.55	302.58	11.07391	0
27/6/2021	27.41	70.97	0.66	320.1	12.14784	0
28/6/2021	26.79	72.76	0.52	311.76	11.6461	0
29/6/2021	26.7	70.92	0.48	318.16	12.04382	0
30/6/2021	27.3	71.26	0.39	286.51	10.1214	0
1/7/2021	27.14	77.77	0.68	282.64	9.8938	0
2/7/2021	26.66	74.15	0.89	308.01	11.4513	0
3/7/2021	25.71	67.36	0.97	310.39	11.6069	0
4/7/2021	24.85	77.21	0.77	318.86	12.13521	0
5/7/2021	25.57	78.49	0.6	308.3	11.50223	0
6/7/2021	27.71	76.63	0.64	313.53	11.83438	0
7/7/2021	28.05	73.65	0.57	310.24	11.64679	0
8/7/2021	28.47	74.24	0.61	310.47	11.67506	0
9/7/2021	28.6	75.71	0.63	297	10.86621	0
10/7/2021	28.36	73.16	0.54	289.07	10.39651	0
11/7/2021	28.23	66.12	0.7	296.86	10.88946	0
12/7/2021	27.45	73.63	0.64	299.87	11.0909	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
13/7/2021	27.72	75.71	0.74	302.3	11.25781	0
14/7/2021	27.61	76.01	0.54	282.64	10.07169	0
15/7/2021	27.17	79.74	0.63	301.78	11.26466	0
16/7/2021	27.13	79.3	0.82	306.89	11.59885	0
17/7/2021	25.65	78.81	0.84	316.6	12.21668	0
18/7/2021	24.64	81.74	0.64	273.75	9.607471	0
19/7/2021	25.24	78.71	0.69	298.56	11.15473	0
20/7/2021	25.46	81.97	0.8	310.18	11.89357	0
21/7/2021	27.17	81.24	0.68	303.54	11.51047	0
22/7/2021	27.78	71.01	0.66	295.94	11.06865	0
23/7/2021	27.32	68.32	0.81	289.81	10.71772	0
24/7/2021	26.1	75.82	0.52	251.46	8.379747	0.14
25/7/2021	26.57	69.83	0.68	295.72	11.13872	0
26/7/2021	26.86	71.42	0.55	279.4	10.16025	0
27/7/2021	27.67	74.27	0.53	279.49	10.19583	0
28/7/2021	29.87	67.77	0.52	284.68	10.54812	0
29/7/2021	29.36	68.02	0.55	284.97	10.59846	0
30/7/2021	28.46	73.33	0.67	291.08	11.01085	0
31/7/2021	27.71	75.72	0.64	294.91	11.28357	0
1/8/2021	28.54	74.65	0.54	286.92	10.82325	0
2/8/2021	29.15	74.28	0.51	271.69	9.912403	0
3/8/2021	29.42	70.35	0.55	278.25	10.35798	0
4/8/2021	29.25	64.82	0.56	272.45	10.03468	0
5/8/2021	28.46	64.03	0.44	275.8	10.2831	0
6/8/2021	27.17	78.07	1.05	254.16	8.970233	0
7/8/2021	26.53	68.67	0.64	292.33	11.40085	0
8/8/2021	26.85	71.76	0.62	283.15	10.86954	0
9/8/2021	26.85	84.53	0.59	274.4	10.36478	0
10/8/2021	28.04	86.28	0.6	260.52	9.536789	0
11/8/2021	28.08	86.61	0.5	213.4	6.612343	0
12/8/2021	29.65	67.17	0.6	266.85	10.02792	0
13/8/2021	28.37	65.01	0.63	255.19	9.338865	0
14/8/2021	28.39	66.85	0.64	262.06	9.822376	0
15/8/2021	27.96	73.02	0.65	265.27	10.07647	0
16/8/2021	27.83	73.74	0.69	263.56	10.01976	0
17/8/2021	27.21	80.51	0.69	265.16	10.17489	0
18/8/2021	27.02	75.88	0.6	274.38	10.8184	0
19/8/2021	27.71	75.7	0.59	262.76	10.13215	0
20/8/2021	27.52	72.76	0.67	254.27	9.644805	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
21/8/2021	26.67	73.29	0.7	262.14	10.20807	0
22/8/2021	27.11	71.06	0.63	254.34	9.765394	0
23/8/2021	27.13	70.67	0.61	251.48	9.640814	0
24/8/2021	26.88	68.34	0.71	255.28	9.948009	0
25/8/2021	26.2	77.3	0.63	249.35	9.626212	0
26/8/2021	23.64	86.16	0.46	173.49	4.751703	22.38
27/8/2021	25.35	85.56	0.67	229.08	8.431872	9.24
28/8/2021	24.96	80.13	0.57	252.19	10.00747	0
29/8/2021	25.17	80.19	0.85	211.76	7.421998	0
30/8/2021	24.57	72.57	0.76	212.84	7.555394	0
31/8/2021	23.25	71.28	0.72	237.63	9.256429	0
1/9/2021	23.63	70.64	0.77	262.44	10.97039	0
2/9/2021	24.15	66.86	0.6	249.47	10.18546	0
3/9/2021	23.72	67.7	0.58	247	10.09669	0
4/9/2021	23	76.98	0.39	197.9	6.888524	0
5/9/2021	23.61	76.63	0.59	220.63	8.48184	2.87
6/9/2021	24.08	60.66	1.49	228.33	9.074625	0.01
7/9/2021	23.65	53.91	1.37	211.31	8.001052	0
8/9/2021	22.05	61.76	1.11	95.2	0.19495	0
9/9/2021	20.99	73.85	0.59	226.77	9.20507	0.87
10/9/2021	20.61	82.2	0.56	226.97	9.300394	0.07
11/9/2021	21.98	80.27	0.37	208.75	8.132574	0
12/9/2021	21.05	88.59	0.09	64.19	0	0.61
13/9/2021	22.24	75.87	0.42	199.62	7.661639	0
14/9/2021	22.63	77.72	0.63	228.71	9.764213	0
15/9/2021	22.96	83.1	0.53	228.24	9.821713	0
16/9/2021	22.99	86.75	0.54	207.37	8.449957	0
17/9/2021	24.03	81.42	0.44	205.36	8.395337	0
18/9/2021	24.17	88.85	0.51	148.31	4.446055	0
19/9/2021	24.58	86.46	0.46	183.33	7.006399	0
20/9/2021	24.66	89.32	0.68	196.31	8.017096	0
21/9/2021	24.37	83.35	0.58	204.76	8.712969	0
22/9/2021	22.75	68.59	1.22	216.29	9.638421	0
23/9/2021	19.75	59.66	0.73	219.62	9.97934	0
24/9/2021	17.92	69.14	0.57	218.63	10.00964	0
25/9/2021	18.75	78.78	0.39	220.75	10.26861	0
26/9/2021	19.75	77.97	0.48	213.33	9.828664	0
27/9/2021	20.14	82.91	0.45	199.14	8.88365	0
28/9/2021	22.25	86.34	0.26	135.63	4.259698	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
29/9/2021	23.05	78.12	0.63	181.31	7.753512	0.62
30/9/2021	22.24	72.57	0.66	137.37	4.545193	0
1/10/2021	20.39	62.59	0.97	165.31	6.738141	0
2/10/2021	18.11	65.47	0.58	192.26	8.880829	0
3/10/2021	16.89	71.26	0.33	197.99	9.424896	0
4/10/2021	17.74	68.31	0.41	199.87	9.67927	0
5/10/2021	18.02	76.97	0.55	196.3	9.514994	0
6/10/2021	19.57	75.76	0.37	165.71	7.245007	0.09
7/10/2021	16.5	96.74	0.69	18.62	0	51.5
8/10/2021	16.88	99.58	0.28	45.51	0	22.12
9/10/2021	18.99	91.07	0.27	139.89	5.498396	1.8
10/10/2021	19.02	95.19	0.73	98.35	2.274011	8.94
11/10/2021	18.26	90.92	0.66	147.01	6.25094	20.94
12/10/2021	15.75	87.31	0.33	141.68	5.915825	11.6
13/10/2021	16.03	88.96	0.24	157.29	7.278801	0.73
14/10/2021	14.92	98.6	0.5	24.82	0	23.31
15/10/2021	15.52	92.12	1.17	47.5	0	17.42
16/10/2021	16.68	94.15	0.31	123.16	4.761255	1.86
17/10/2021	17.05	93.7	0.11	96.35	2.611684	0
18/10/2021	17.51	90.71	0.19	167.61	8.669746	1.09
19/10/2021	16.76	81.76	0.16	174.39	9.356361	0.08
20/10/2021	16.24	85.32	0.26	171.95	9.266896	0
21/10/2021	15.6	89.88	0.12	115.37	4.537408	0.7
22/10/2021	17.47	90.96	0.23	151.13	7.707653	1.91
23/10/2021	17.44	94.54	0.04	60.99	0	2.63
24/10/2021	16.76	89.43	0.35	39	0	0.71
25/10/2021	17.41	58.85	2.59	135.16	6.626462	0
26/10/2021	15.26	65.96	0.76	74.13	1.319297	0.02
27/10/2021	13.39	75.99	0.16	163.55	9.358699	0
28/10/2021	13.12	71.21	0.74	162.44	9.376806	0
29/10/2021	14.54	64.26	1.23	151.58	8.512566	0
30/10/2021	15.1	64.1	1.38	151.86	8.649379	0
31/10/2021	14.4	73.35	0.4	128.56	6.626135	0
1/11/2021	13.58	83.05	0.06	102.47	4.31697	0
2/11/2021	17	95.43	0.57	82.32	2.527216	12.36
3/11/2021	17.04	85.34	0.16	149.34	8.862026	0
4/11/2021	17.75	83.13	0.15	139.82	8.076753	0
5/11/2021	19.33	80.3	0.23	120.13	6.316032	0
6/11/2021	19.15	82.54	0.05	116.07	6.021078	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
7/11/2021	18.8	81.77	0.08	119.51	6.440719	0
8/11/2021	16.33	90.3	0.19	124.8	7.043075	0
9/11/2021	16.83	90.09	0.09	111.82	5.875166	0
10/11/2021	17.2	67.39	1.37	86.98	3.530099	0
11/11/2021	13.34	70.14	0.25	108.22	5.691456	0
12/11/2021	11.59	78.56	0.14	130.83	8.014204	0
13/11/2021	11.53	83.68	0.08	121.74	7.203416	0
14/11/2021	14.71	91.91	0.11	57.84	0.882713	0
15/11/2021	15.73	91.28	0.65	43.85	0	1.85
16/11/2021	16.12	67.8	1.6	93.11	4.561825	0
17/11/2021	12.64	85.01	0.26	87.11	4.018487	0
18/11/2021	13.24	96.34	0.09	53.9	0.673027	0.24
19/11/2021	14.53	90.38	0.19	119.6	7.502217	0.64
20/11/2021	11.66	86.45	0.12	114.93	7.098559	0.02
21/11/2021	11.99	86.49	0.1	115.01	7.18412	0
22/11/2021	13.48	99.57	0.14	32.87	0	11.77
23/11/2021	14.22	98.77	0.15	52.82	0.774116	17.61
24/11/2021	14.65	80.51	0.77	86.48	4.382162	0
25/11/2021	14.15	78.43	0.53	98.47	5.715498	0
26/11/2021	13.61	96.29	0.9	47.35	0.304729	19.53
27/11/2021	13.58	98.74	0.38	30.63	0	7.56
28/11/2021	13.37	97.76	0.58	27.08	0	20.76
29/11/2021	14.18	87.88	1.94	46.65	0.327208	19.15
30/11/2021	9.25	88.5	0.85	90.63	5.146913	3.95
1/12/2021	6.7	87.81	0.18	108.96	7.198824	0.04
2/12/2021	10.9	97.06	0.28	50.79	0.868715	3.35
3/12/2021	12.99	98.24	0.79	40.44	0	13.67
4/12/2021	10.86	95.74	0.18	72.71	3.34617	0.35
5/12/2021	10.43	91.7	0.25	96.49	6.01579	3.93
6/12/2021	12.37	99.48	0.83	24.92	0	29.81
7/12/2021	10.35	97.54	0.29	50.23	0.933438	7.08
8/12/2021	7.26	90.55	0.23	98.91	6.397276	0
9/12/2021	12.59	93.79	1.34	60.39	2.112463	6.93
10/12/2021	9.95	98.74	0.65	40.1	0	20.35
11/12/2020	9.12	98.92	0.39		0	17.39
12/12/2020	9.97	99.96	0.17		0	6.62
13/12/2020	10.05	95.78	0.22		0	0.38
14/12/2020	12.86	77.84	0.46		0	0.14
15/12/2020	10.75	83.72	0.28		6.454549	0

Ημερομηνία	Μέση θερμοκρασία(°C)	Μέση υγρασία (%)	Ταχύτητα Ανέμου (m/s)	Ηλιακή Ακτινοβολία (W/m ²)	Ώρες ηλιοφάνειας (h)	Βροχόπτωση (mm)
16/12/2020	10.06	90.13	0.05		7.995638	0.01
17/12/2020	9.91	92.4	0.07		7.274682	0.06
18/12/2020	9.9	92.7	0.06		8.04055	0
19/12/2020	10.5	91.53	0.08		7.886926	0.03
20/12/2020	10.82	93.72	0.06		6.807863	0
21/12/2020	10.9	89.66	0.06		1.933627	0
22/12/2020	10.6	92.9	0.07		4.196195	0
23/12/2020	9.57	94.35	0.14		4.64695	0.07
24/12/2020	10.27	95.58	0.09		7.700001	0.08
25/12/2020	12.86	99.46	0.07		7.163611	1.17
26/12/2020	13.55	97.52	0.32		0	6.82
27/12/2020	12.19	96.71	1.54		0.464055	32.34
28/12/2020	10.66	98.49	0.49		0	14.13
29/12/2020	13.33	94.09	0.71		2.236074	6.27
30/12/2020	13.88	90.07	1.06		1.021218	0.83
31/12/2020	11.69	96.18	0.76		4.108708	13.92

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Υγρασία DSS

6/5/2021	29,7	18/6/2021	22,9	31/7/2021	40,4	12/9/2021	41,4
7/5/2021	29,4	19/6/2021	22,6	1/8/2021	39,9	13/9/2021	40,9
8/5/2021	29,1	20/6/2021	22,5	2/8/2021	38,8	14/9/2021	40,2
9/5/2021	28,9	21/6/2021	22,4	3/8/2021	38,7	15/9/2021	48,0
10/5/2021	28,6	22/6/2021	22,2	4/8/2021	37,7	16/9/2021	47,2
11/5/2021	28,4	23/6/2021	22,1	5/8/2021	37,8	17/9/2021	46,7
12/5/2021	28,2	24/6/2021	22,0	6/8/2021	37,7	18/9/2021	46,1
13/5/2021	28,0	25/6/2021	21,9	7/8/2021	37,1	19/9/2021	45,5
14/5/2021	27,7	26/6/2021	21,7	8/8/2021	36,7	20/9/2021	47,8
15/5/2021	28,8	27/6/2021	21,7	9/8/2021	36,4	21/9/2021	47,2
16/5/2021	28,3	28/6/2021	21,6	10/8/2021	35,7	22/9/2021	46,4
17/5/2021	28,1	29/6/2021	21,5	11/8/2021	35,5	23/9/2021	45,8
18/5/2021	27,8	30/6/2021	21,4	12/8/2021	34,8	24/9/2021	45,1
19/5/2021	27,6	1/7/2021	21,4	13/8/2021	34,6	25/9/2021	44,6
20/5/2021	27,3	2/7/2021	21,3	14/8/2021	34,5	26/9/2021	43,9
21/5/2021	27,1	3/7/2021	21,2	15/8/2021	34,2	27/9/2021	43,5
22/5/2021	26,9	4/7/2021	21,1	16/8/2021	33,7	28/9/2021	43,1
23/5/2021	26,7	5/7/2021	21,1	17/8/2021	33,6	29/9/2021	42,6
24/5/2021	26,4	6/7/2021	21,0	18/8/2021	33,4	30/9/2021	42,2
25/5/2021	26,2	7/7/2021	20,9	19/8/2021	33,2	1/10/2021	41,7
26/5/2021	26,0	8/7/2021	20,9	20/8/2021	33,0	2/10/2021	41,3
27/5/2021	25,8	9/7/2021	20,8	21/8/2021	32,6	3/10/2021	40,9
28/5/2021	25,7	10/7/2021	20,7	22/8/2021	32,1	4/10/2021	40,5
29/5/2021	25,4	11/7/2021	20,7	23/8/2021	31,9	5/10/2021	40,0
30/5/2021	25,3	12/7/2021	20,6	24/8/2021	42,1	6/10/2021	39,7
31/5/2021	25,2	13/7/2021	20,5	25/8/2021	41,4	7/10/2021	42,1
1/6/2021	24,9	14/7/2021	20,5	26/8/2021	41,6	8/10/2021	42,4
2/6/2021	24,8	15/7/2021	20,5	27/8/2021	41,5	9/10/2021	42,8
3/6/2021	24,6	16/7/2021	20,4	28/8/2021	42,3	10/10/2021	44,2
4/6/2021	24,4	17/7/2021	20,4	29/8/2021	41,8	11/10/2021	45,1

5/6/2021	24,3	18/7/2021	20,3	30/8/2021	41,2	12/10/2021	45,1
6/6/2021	24,1	19/7/2021	20,3	31/8/2021	40,6	13/10/2021	44,8
7/6/2021	23,9	20/7/2021	20,3	1/9/2021	40,1	14/10/2021	45,6
8/6/2021	23,8	21/7/2021	20,2	2/9/2021	39,7	15/10/2021	46,7
9/6/2021	24,5	22/7/2021	20,2	3/9/2021	39,2	16/10/2021	46,4
10/6/2021	23,7	23/7/2021	20,1	4/9/2021	45,0	17/10/2021	45,6
11/6/2021	23,6	24/7/2021	20,1	5/9/2021	44,7	18/10/2021	44,9
12/6/2021	23,7	25/7/2021	25,7	6/9/2021	44,0	19/10/2021	44,4
13/6/2021	23,3	26/7/2021	25,5	7/9/2021	43,2	20/10/2021	43,8
14/6/2021	23,5	27/7/2021	25,3	8/9/2021	42,9	21/10/2021	43,4
15/6/2021	23,1	28/7/2021	36,2	9/9/2021	42,7		
16/6/2021	23,0	29/7/2021	35,7	10/9/2021	42,2		
17/6/2021	22,9	30/7/2021	40,9	11/9/2021	41,5		