



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Τμ. Χημείας, Τμ. Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, Τμ. Γεωπονίας

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ευαγγελία Τσουμάνη

**Αξιολόγηση συλλογικού συστήματος παροχής
συμβουλών άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας
όσο αφορά την άρδευση ακτινιδίου**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Τμ. Χημείας, Τμ. Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, Τμ. Γεωπονίας

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:

«ΑΓΡΟΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»

**Αξιολόγηση συλλογικού συστήματος παροχής συμβουλών άρδευσης
για την πεδιάδα της Άρτας όσο αφορά την άρδευση ακτινιδίου**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ευαγγελία Τσουμάνη

2020

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή

1. ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ τμ. Γεωπονίας, ΠΙ
2. ΠΑΤΑΚΙΟΥΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ τμ. Γεωπονίας, ΠΙ
3. ΒΑΡΡΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ, ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ τμ. Γεωπονίας, ΠΙ

Ευχαριστήρια

Ευχαριστώ όλους όσους μου συμπαραστάθηκαν σε αυτό το δύσκολο έργο. Θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γιάννη Τσιρογιάννη για την καθοδήγησή του καθώς και για την υπομονή του, κατά την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Η βοήθειά του υπήρξε πολύτιμη.

Περίληψη

Η ορθολογική χρήση του νερού άρδευσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα βελτίωσης της συνολικής διαχείρισης των υδατικών πόρων καθώς και της γεωργικής παραγωγής.

Η αναγκαιότητα επέκτασης και βελτίωσης των αρδεύσεων για την εξασφάλιση βιώσιμης και αυτοτροφοδοτούμενης γεωργίας ολοένα και αυξάνεται. Από την αρδευτική περίοδο του 2016 λειτουργεί σε επιχειρησιακό επίπεδο, στην πεδιάδα της Άρτας, το συλλογικό σύστημα υποβοήθησης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση.

Στην παρούσα εργασία έγινε μελέτη της αρδευτικής πρακτικής που εφαρμόζεται στην καλλιέργεια ακτινιδίου στην πεδιάδα της Άρτας. Με σκοπό την καταγραφή της αρδευτικής πρακτικής έγινε καταγραφή τριών οπωρώνων ακτινιδίου στην πεδιάδα της Άρτας. Για την αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για το έτος 2018 (από 1/5 έως 30/10) από τρεις πιλοτικούς αγρούς που παρακολουθούνται στο πλαίσιο διαχείρισης του συστήματος. Οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση προέκυψαν από τις καταγραφές των ενδείξεων των υδρομέτρων σε αντιπροσωπευτικούς αγωγούς εφαρμογής.

Οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου 2018 στους τρεις οπωρώνες συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που υπολογίζονταν από το συλλογικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων άρδευσης IRMA_SYS. Στο σύστημα, το υδατικό ισοζύγιο υπολογίζεται με βάση την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και τη βροχόπτωση, παραμέτρους εδάφους, καλλιέργειας και αρδευτικές πρακτικές που αφορούν τον κάθε αγρό, καθώς και τα δεδομένα σχετικά με πραγματοποιούμενες αρδεύσεις.

Από το σύστημα συμβουλών άρδευσης λήφθηκαν στοιχεία σχετικά με την εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης και της προτεινόμενης ποσότητας νερού για άρδευση με βάση της εξατμισοδιαπνοή και την αποτελεσματικότητα του αρδευτικού συστήματος.

Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου 2018, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν μεγαλύτερος του προτεινόμενου από το σύστημα καθώς και η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Summary

The rational use of irrigation water is an important factor in improving the overall management of water resources as well as agricultural production.

The need to expand and improve irrigation to ensure sustainable and self-sustaining agriculture is gradually growing. Since the irrigation season of 2016, the collective system for assisting decisions concerning irrigation has been functioning at the operational level, in the plain of Arta.

In the present study, the irrigation practice applied in the cultivation of kiwi in the plain of Arta was studied. In order to record the irrigation practice, three kiwi orchards were recorded in the plain of Arta. Data for the year 2018 (from 1/5 to 30/10) from three pilot fields monitored in the system management framework were used to evaluate the system. The amount of water used for irrigation was recorded from the water meter readings on representative pipelines.

The soil moisture measurements during the 2018 irrigation period in the three orchards were compared with the corresponding results calculated by the collective irrigation support system IRMA_SYS. In the system, the water balance is calculated based on evapotranspiration reference and rainfall, soil and cultivation parameters, irrigation practices for each field, as well as data on current irrigation practices.

The irrigation advice system provided data on the assessment of active rainfall and the recommended amount of irrigation water based on the evapotranspiration and the efficiency of the irrigation system.

During the irrigation season of 2018, the number of irrigations carried out as well as the total amount of water granted, were higher than the ones proposed by the system.

Ευρετήρια

Περιεχόμενα

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή.....	2
Ευχαριστήρια	3
Περίληψη	4
Summary	6
Ευρετήρια	7
Εισαγωγή.....	12
Η καλλιέργεια ακτινιδίου στον κόσμο και στην πεδιάδα της Άρτας	13
Βασικά θέματα διαχείρισης υγρασίας εδάφους και τροφοδοσίας των φυτών με νερό.....	16
Επίδραση της εδαφικής υγρασίας στην καλλιέργεια ακτινιδίου	17
Αντοχή στην έλλειψη νερού.....	18
Απαιτήσεις όσο αφορά την ποιότητα νερού.	20
Εδαφική υγρασία και ποσότητα παραγωγής	20
Εδαφική υγρασία και ποιότητα παραγωγής	21
Εκτίμηση αναγκών σε νερό και πρόγραμμα άρδευσης.....	22
Συστήματα άρδευσης και στράγγισης	24
Ανάγκη για αποτελεσματική άρδευση	26
Τήρηση Ορθής Αγροτικής Πρακτικής και υποχρεώσεων συστημάτων ποιότητας ..	26
Μέτρηση εδαφικής υγρασίας	27
Ειδικές τεχνικές διαχείρισης	29
Εναλλακτικές πηγές νερού	29
Συστήματα παροχής συμβουλών σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης.....	30
Κόστος & τιμή αρδευτικού νερού	31
Υδατικό αποτύπωμα	32

Το συλλογικό σύστημα παροχής συμβουλών άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας	33
Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών	34
Δυνητική εξατμισοδιαπνοή και εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας	36
Συντελεστής υδατικής καταπόνησης (KS)	37
Αποτελεσματικότητα άρδευσης.....	37
Συντελεστής βελτιστοποίησης άρδευσης	38
Αρδευόμενη έκταση (m ²)	39
Η διαδικτυακή εφαρμογή του συστήματος.....	40
Εγγραφή.....	41
Αρχική σελίδα χρήστη	41
Προσθήκη/Επεξεργασία αγροτεμαχίου	42
Αρδεύσεις	43
Αναφορά άρδευσης.....	43
Αρδευτική αποδοτικότητα	44
Αξιολόγηση του συλλογικού συστήματος παροχής συμβουλών άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας όσο αφορά την άρδευση ακτινιδίου	45
Υλικά και μέθοδοι	45
Οπωρώνες (περιγραφή και παράμετροι συστήματος)	45
Οπωρώνας Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή).....	45
Οπωρώνας Β (ΤΜ - Κολομόδια)	47
Οπωρώνας Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)	49
Εξοπλισμός μέτρησης	51
Αποτελέσματα.....	54
Οπωρώνας Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή).....	55
Οπωρώνας Β (ΤΜ - Κολομόδια)	58

Οπωρώνας Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)	60
Συμπεράσματα.....	62
Βιβλιογραφία	64

Εικόνες

Εικόνα 1 Έκταση καλλιεργούμενων στρεμμάτων ακτινιδιάς στις Περιφερειακές Ενότητες της Ηπείρου για τα έτη 2014,2015 και 2016	15
Εικόνα 2 Έκταση και παραγωγή ακτινιδίου στη Π.Ε Άρτας για τα έτη 2014, 2015 και 2016.....	15
Εικόνα 3 Χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας και βασικά επίπεδα υγρασίας (πηγή: απόδοση στα Ελληνικά από Lajos, 2008: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0032_talajtan/ch07s05.html). Μία πολύ αναλυτική παρουσίαση του διαγράμματος αυτού είναι διαθέσιμη στο: https://www.youtube.com/watch?v=70x98CdErbE).....	28
Εικόνα 4 Παράθυρο εφαρμογής συστήματος υποβοήθησης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση καλλιεργειών	31
Εικόνα 5 Δορυφορική εικόνα του οπωρώνα Αγ.Παρασκευή (bing maps).....	46
Εικόνα 6 Διάταξη φυτών και αρδευτικού συστήματος	46
Εικόνα 7 Δορυφορική εικόνα του οπωρώνα στα Κολομόδια (ΟΠΕΚΕΠΕ 2019)	48
Εικόνα 8 Διάταξη φυτών και αρδευτικού συστήματος	48
Εικόνα 9 Δορυφορική εικόνα του οπωρώνα στο Νεοχώρι (ΟΠΕΚΕΠΕ 2019)	50
Εικόνα 10 Διάταξη φυτών και αρδευτικού συστήματος.....	50
Εικόνα 11 Καταγραφικό τιμών αισθητήρων εδάφους και κλωβός προστασίας αισθητήρων θερμοκρασίας – υγρασίας αέρα	52
Εικόνα 12 Decagon 10HS και όγκος ευαισθησίας του αισθητήρα	53
Εικόνα 13 Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για τον οπωρώνα Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή) κατά το έτος 2018	55
Εικόνα 14 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή)	57
Εικόνα 15 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Β (ΤΜ - Κολομόδια)	59
Εικόνα 16 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Γ (ΕΞ - Νεοχώρι).....	61

Πίνακες

Πίνακας 1	Συνολική έκταση καλλιεργούμενων στρεμμάτων ακτινιδιάς στις Περιφερειακές Ενότητες της Ηπείρου για τα έτη 2014, 2015 και 2016	14
Πίνακας 2	Εδαφική υγρασία εκφρασμένη σε κατ'όγκο υγρασία (θ ή VWC – Volumetric Water Content σε % v/v) για βασικούς τύπους εδαφών στην υδατοϊκανότητα (FC - Field Capacity) και στο σημείο (μόνιμης) μάρανσης (PWP ή WP (Permanent) Wilting point) (Πηγή: Soil type (USA Soil Texture Classification) - FAO paper56)	17
Πίνακας 3	Καλλιεργητικοί συντελεστές ακτινιδιάς (Allen et al., 1998)	22
Πίνακας 4	Ανάγκες σε αρδευτικό νερό ανά κατηγορία καλλιεργειών για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. Φ16/6631/89 (ΦΕΚ 428 Β / 1989). (Σε κυβικά μέτρα νερού ανά στρέμμα, για ολόκληρο το μήνα) ..	24
Πίνακας 5	Τύποι αρδευτικών συστημάτων που εμπεριέχονται στο IRMA_SYS και οι αντίστοιχες τιμές του συντελεστή αποδοτικότητας	38
Πίνακας 6	Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή)	57
Πίνακας 7	Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Β (ΤΜ - Κολομόδια) ..	59
Πίνακας 8	Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)	61

Εισαγωγή

Η ακτινιδιά είναι φυτό υποτροπικό, δίοικο και εντομόγαμο, ιθαγενές της Κίνας. Μεταφέρθηκε στην Νέα Ζηλανδία το 1906 και η εμπορική εκμετάλλευση των καρπών της (kiwi fruit) άρχισε στη δεκαετία του 1930. Η ονομασία της kiwi προέρχεται από το ομώνυμο πτηνό της Νέας Ζηλανδίας το οποίο είναι εθνικό της σύμβολο. Από τη Νέα Ζηλανδία η ακτινιδιά διαδόθηκε σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και στις Η.Π.Α. (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989).

Η ακτινιδιά (*Actinidia sp.*) ανήκει στην οικογένεια Actinidiaceae και στην τάξη Theales. Το γένος *Actinidia* περιλαμβάνει πάνω από 50 είδη, ορισμένα από τα οποία είναι σημαντικά για τους εδώδιμους καρπούς τους (*A. deliciosa*, *A. chinensis*, *A. arguta*, *A. kolomikta*, *A. polygama* και *A. eriantha*) και τα υπόλοιπα είναι αυτοφυή. Το είδος *A. deliciosa* έχει βρεθεί ότι είναι το πιο αποδεκτό καρποφόρο είδος για εμπορική εκμετάλλευση και οι εμπορικές ποικιλίες ακτινιδιάς είναι μεγαλόκαρπες επιλογές του είδους αυτού (Hayward, Monty, Bruno, Abbott κ.ά.) (Βασιλακάκης & Θεριός, 1990). Είναι φυτό αναρριχώμενο, πολυετές. Καλλιεργείται για τον καρπό της (ράγα), ο οποίος όταν είναι ώριμος έχει γλυκιά και δροσιστική γεύση, ελαφρά υπόξινη με λεπτό άρωμα. Ο καρπός της παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον από άποψη θρεπτικής αξίας (μεταξύ άλλων, η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C είναι τριπλάσια έως πενταπλάσια των εσπεριδοειδών). Οι καρποί μπορούν να διατηρηθούν για πολλούς μήνες. Η παραγωγή ξεκινάει 3 χρόνια μετά τη φύτευση και στο 10-12° έτος δίνει πλήρη απόδοση, έως και 100 κιλά ανά φυτό.

Η πλέον διαδεδομένη καλλιεργούμενη ποικιλία ακτινιδιάς είναι η "Hayward" (Βασιλακάκης 2004, Ποντίκης, 1996).

Η καλλιέργεια ακτινιδίου στον κόσμο και στην πεδιάδα της Άρτας

Αν και πρόσφατα εμπορευματοποιημένη, η καλλιέργεια της ακτινιδιάς αποτελεί έναν μικρό, αλλά σταθερά αναπτυσσόμενο παράγοντα της παγκόσμιας αγοράς, αντιπροσωπεύοντας το 0,25% της παγκόσμιας παραγωγής φρούτων, συγκριτικά με τα εσπεριδοειδή (23%), τη μπανάνα (15%), τα σταφύλια (14%) και τα μήλα (13%). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής πωλείται ως νωπό προϊόν, με μόνο ένα πολύ μικρό μέρος αυτής να μεταποιείται σε προϊόντα όπως χυμοί και μαρμελάδες.

Η Κίνα κατέχει την πρώτη θέση παγκοσμίως με 1.000.000 στρέμματα και παραγωγή 1.250.000 τόνων, ακολουθούμενη από την Ιταλία με 250.000 στρέμματα και παραγωγή 555.000 τόνους, τη Νέα Ζηλανδία με 125.000 στρέμματα και παραγωγή 485.000 τόνους, τη Χιλή με 105.000 στρέμματα και παραγωγή 195.000 τόνων και την Ελλάδα με 82.500 στρέμματα και παραγωγή 160 χιλιάδες τόνους. Άλλες σημαντικές χώρες παραγωγής στο βόρειο ημισφαίριο είναι η Γαλλία, το Ιράν, η Ιαπωνία, οι Η.Π.Α., η Πορτογαλία, η Ισπανία και η Τουρκία με 186.600 στρέμματα και παραγωγή 247.000 τόνους. Άλλες χώρες του νοτίου ημισφαιρίου καλλιεργούν συνολικά 40.000 στρέμματα και η παραγωγή ανέρχεται σε 60.000 τόνους (ΕΛ.Γ.Ο. “ΔΗΜΗΤΡΑ” Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας, FAOSTAT, 2015).

Στα τέλη του 1970 αρχές του 1980 η ακτινιδιά εισήχθη στην χώρα μας από το Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δέντρων Νάουσας και ξεκίνησε η πρώτη προσπάθεια για συστηματική και μαζική καλλιέργεια στην περιοχή της Κατερίνης. Τοποθεσίες που εξασφαλίζουν 400-600 ώρες θερμοκρασίας κάτω από 7°C κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι κατάλληλες για την ακτινιδοκαλλιέργεια, γιατί ικανοποιούν τις σχετικές απαιτήσεις για τη διακοπή του ληθάργου (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989).

Στην Ελλάδα καλλιεργείται στη ζώνη της ροδακινιάς, της ελιάς και σε περιοχές με ευνοϊκές εδαφοκλιματικές συνθήκες όπως η Άρτα, η Καβάλα η Λάρισα και σε περιοχές με δενδροκομική παράδοση όπως η Πιερία, η Ημαθία, η Πέλλα.

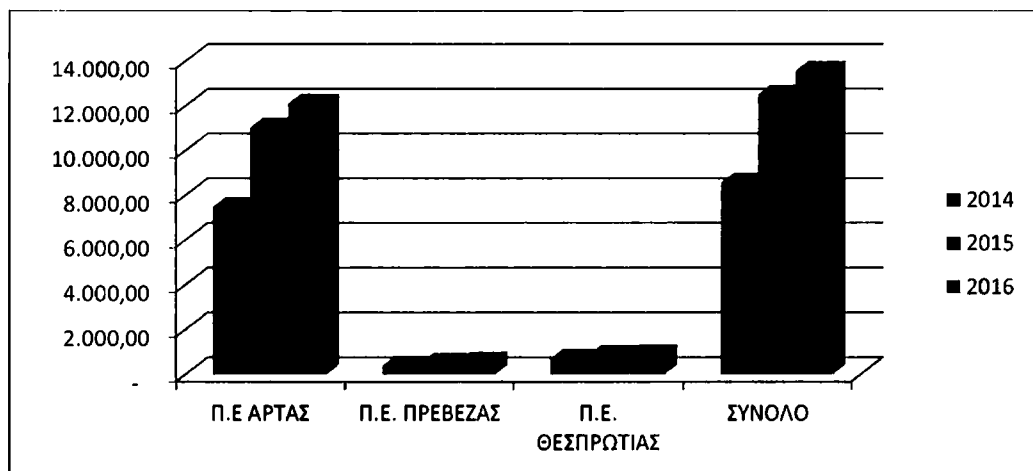
Η καλλιέργεια της ακτινιδιάς ενδείκνυται για την περιοχή της Άρτας. Είναι υποτροπικό φυτό το οποίο αξιοποιεί κατά τον καλύτερο τρόπο τις ιδιαίτερες εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής.

Η περιοχή της Άρτας είναι πρωιμότερη σε σχέση με άλλες περιοχές της ΒΔ. Ελλάδας όπου καλλιεργούνται ακτινίδια και οι αποδόσεις είναι άριστες (4-7 τον/στρ.), αρκεί να φυτεύεται στις κατάλληλες περιοχές και να γίνονται επιμελημένα οι απαραίτητες καλλιεργητικές φροντίδες (Πατακιούτας κ.ά. 2008). Η καλλιέργεια του ακτινιδίου (*Actinidia deliciosa*) ξεκίνησε στην πεδιάδα της Άρτας στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και η συνολική έκταση εκτιμάται το 2016 στα 1.200 ha, με επικρατούσα ποικιλία την Hayward (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2016). Τα τελευταία χρόνια ξεκίνησαν να καλλιεργούνται στη χώρα μας και πιο πρώιμες ποικιλίες από τη Hayward όπως Τσεχελίδης, Soreli, Summer kiwi, Green light οι οποίες αφορούν σε μικρές ποσότητες (σε ποσοστό λιγότερο του 1% επί της συνολικής εξαγόμενης και διακινούμενης σε χώρες της Ε.Ε. ποσότητας ακτινιδίων).

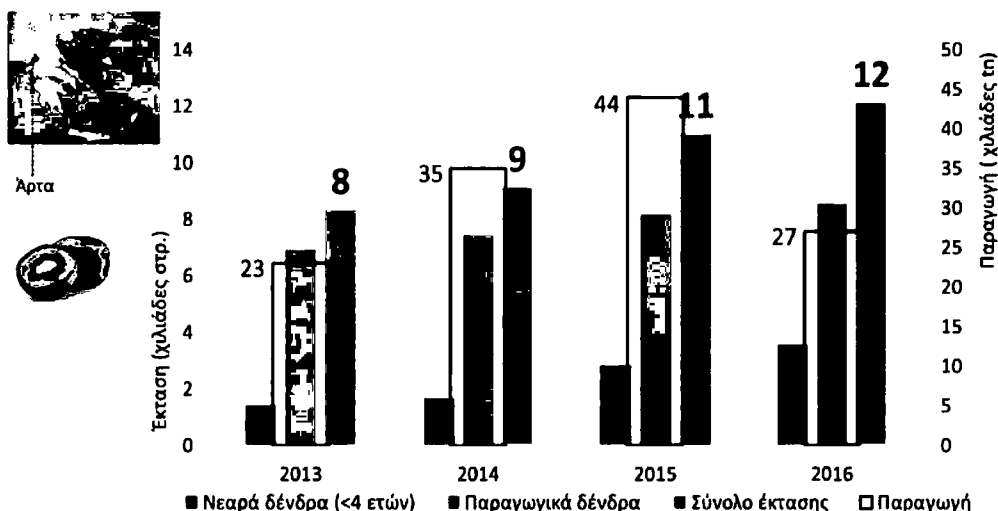
Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται κατά ΠΕ (Άρτας, Πρέβεζας και Θεσπρωτίας) ο αριθμός των καλλιεργούμενων στρεμμάτων ακτινιδίων που δηλώθηκαν στο ΟΣΔΕ κατά τα έτη 2014, 2015 και 2016.

Πίνακας 1 Συνολική έκταση καλλιεργούμενων στρεμμάτων ακτινιδιάς στις Περιφερειακές Ενότητες της Ηπείρου για τα έτη 2014, 2015 και 2016

	2014	2015	2016
Π.Ε ΑΡΤΑΣ	7462,8	11021,7	12096,9
Π.Ε. ΠΡΕΒΕΖΑΣ	384,6	510	570,5
Π.Ε. ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	693,8	863,6	903,4
ΣΥΝΟΛΟ	8541,2	12495,3	13570,8



Εικόνα 1 Έκταση καλλιεργούμενων στρεμμάτων ακτινιδιάς στις Περιφερειακές Ενότητες της Ηπείρου για τα έτη 2014,2015 και 2016



Πηγή: Εκτάσεις (ΟΠΕΚΕΠΕ), Παραγωγή (ΔΑΟΚ Περιφερειακής Ενότητας Άρτας)

11

Εικόνα 2 Έκταση και παραγωγή ακτινιδίου στη Π.Ε Άρτας για τα έτη 2014, 2015 και 2016

Από τον Πίνακα 1 ιδιαίτερη σημασία έχει η ραγδαία αύξηση, σε μια τριετία, των καλλιεργούμενων στρεμμάτων με ακτινίδια. Στην ΠΕ Άρτας η καλλιεργημένη έκταση των ακτινιδίων αυξήθηκε κατά 62,1%, στην ΠΕ Πρέβεζας κατά 48,34% και στην ΠΕ Θεσπρωτίας κατά 30,21%.

Βασικά θέματα διαχείρισης υγρασίας εδάφους και τροφοδοσίας των φυτών με νερό

Το έδαφος συγκρατεί νερό σαν μία δεξαμενή από την οποία τα φυτά προσλαμβάνουν το νερό μαζί με τις διαλυμένες σε αυτό ουσίες. Οι διάφοροι τύποι εδαφών έχουν διαφορετικές δυνατότητες συγκράτησης νερού, ρυθμό με τον οποίο μπορούν να απορροφούν το νερό και αντίσταση στην κίνηση του νερού στο εσωτερικό τους. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, ιλύ και άμμο (μηχανική σύσταση), η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, ο βαθμός συμπίεσης και η κλίση του εδάφους παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στις ιδιότητες που αναφέρθηκαν.

Σε κάθε περίπτωση τα εδάφη χαρακτηρίζονται από ορισμένα βασικά επίπεδα υγρασίας που μπορούν να συγκρατήσουν: τον κορεσμό (θ_s) όταν όλοι οι πόροι του εδάφους είναι γεμάτοι με νερό και δεν υπάρχει χώρος για αέρα σε αυτούς, την υδατοϊκανότητα (θ_{FC}), όταν μόνο οι μικροί πόροι είναι γεμάτοι με νερό και το σημείο μάρανσης (θ_{PWP}) όπου η υγρασία που έχει απομείνει στο έδαφος συγκρατείται τόσο ισχυρά από το εδαφικό σύμπλοκο ώστε τα φυτά δεν μπορούν να την απορροφήσουν. Η διαφορά μεταξύ υδατοϊκανότητας και σημείου μάρανσης ονομάζεται διαθέσιμη υγρασία (AW ή ASM). Η εδαφική υγρασία εκφράζεται συνήθως σε όγκο νερού ανά μονάδα όγκου εδάφους ($\%v/v$).

Το γενικό ζητούμενο είναι να διατηρείται η υγρασία στο έδαφος μεταξύ υδατοϊκανότητας και σημείου μάρανσης και μάλιστα όχι πολύ κοντά στο τελευταίο. Το νερό θα φθάσει κατά κύριο λόγο στο έδαφος από τη βροχή και την άρδευση και θα απομακρυνθεί μέσω της φυσικής ή τεχνητής αποστράγγισης αλλά και της κατανάλωσης νερού από τις καλλιέργειες. Η κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες, αποδίδεται με τον όρο εξατμισοδιαπνοή (ET_c) και περιλαμβάνει την διαπνοή από τα φυτά και την εξάτμιση από το έδαφος. Η κινητήριος δύναμη για τη μετακίνηση του νερού από το έδαφος προς τα φύλλα και από αυτά προς τον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω της διαπνοής είναι η διαφορά υδατικού δυναμικού μεταξύ του εδαφικού νερού και της ατμόσφαιρας. Ένα πάρα πολύ μικρό μέρος του νερού που απορροφούν τα φυτά παραμένει στους φυτικούς ιστούς και χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιομάζας. Το υπόλοιπο διαφεύγει στον ατμοσφαιρικό αέρα μέσω της διαπνοής. Όταν

η διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος είναι μειωμένη, τα φυτά αντιδρούν, κλείνοντας βαθμιαία τα στομάτια (βρίσκονται κατά κύριο λόγο στα φύλλα), συστρέφοντας τα φύλλα κοκ. Επειδή όμως μέσω των στοματίων εισέρχεται στα φυτά CO₂ από την ατμόσφαιρα, το κλείσιμό τους συνεπάγεται μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και παραγωγής βιομάζας.

Πίνακας 2 Εδαφική υγρασία εκφρασμένη σε κατ'όγκο υγρασία (θ ή VWC – Volumetric Water Content σε % v/v) για βασικούς τύπους εδαφών στην υδατοϊκανότητα (FC - Field Capacity) και στο σημείο (μόνιμης) μάρανσης (PWP ή WP (Permanent) Wilting point) (Πηγή: Soil type (USA Soil Texture Classification) - FAO paper56)

Τύπος εδάφους	θ FC	θ WP
(κατηγορία κοκκομετρικής σύστασης)	m ³ /m ³	m ³ /m ³
Αμμώδες (Sand)	0,07 - 0,17	0,02 - 0,07
Πηλοαμμώδες (Loamy sand)	0,11 - 0,19	0,03 - 0,10
Αμμοπηλώδες (Sandy loam)	0,18 - 0,28	0,06 - 0,16
Πηλώδες (Loam)	0,20 - 0,30	0,07 - 0,17
Ιλοσηλώδες (Silt loam)	0,22 - 0,36	0,09 - 0,21
Ιλυώδες (Silt)	0,28 - 0,36	0,12 - 0,22
Ιλοαργιλοπηλώδες (Silt clay loam)	0,30 - 0,37	0,17 - 0,24
Ιλοαργιλώδες (Silty clay)	0,30 - 0,42	0,17 - 0,29
Αργιλώδες (Clay)	0,32 - 0,40	0,20 - 0,24

Επίδραση της εδαφικής υγρασίας στην καλλιέργεια ακτινιδίου

Η ακτινιδιά είναι φυτό επιπολαιόριζο, με βάθος ενεργού ριζοστρώματος 0,60 m, έχει μεγάλες απαιτήσεις σε οξυγόνο και αυτό δικαιολογεί την επιφανειακή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Λόγω των μορφολογικών και ανατομικών χαρακτηριστικών του φυτού, όπως του επιφανειακού και πυκνού ριζικού συστήματος, της αυξημένης υδραυλικής αγωγιμότητας των αγγείων της ρίζας και του βλαστού και του μεγάλου όγκου της φυλλικής επιφάνειας, που αυξάνει τη διαπνοή,

απαιτεί επαρκή τροφοδοσία με νερό και ένα δροσερό και υγρό περιβάλλον (Χαρτζουλάκης, 2019).

Οι πραγματικές ανάγκες σε νερό, η δόση και το εύρος της άρδευσης εξαρτώνται από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή καλλιέργειας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (κλίση, μηχανική σύσταση και διαθέσιμη υγρασία). Η ακτινιδιά χρειάζεται σταθερή υγρασία, κυρίως στο επιφανειακό εδαφικό στρώμα, όπου κατανέμονται οι περισσότερες ρίζες, αλλά σε ποσότητα τέτοια που να μην προκαλεί προβλήματα ασφυξίας στο ριζικό σύστημα. Άρα από τον 1ο χρόνο και καθ'όλη τη διάρκεια ζωής του ακτινιδεώνα είναι αναγκαίο να διενεργούνται συχνά ποτίσματα και ιδιαίτερα κατά την καρπόδεση και καθ'όλη τη περίοδο αύξησης του καρπού (GAIApedia, 2017).

Η ακτινιδιά μπορεί να είναι απαιτητική σε νερό, αλλά η υπεράρδευση και η περίσσεια υγρασίας στο έδαφος δημιουργούν σοβαρά προβλήματα. Το πολύ νερό που συγκεντρώνεται στο ριζόστρωμα, εξαιτίας συχνών βροχών, κακής στράγγισης ή υπερβολικής άρδευσης, έχει δυσάρεστες συνέπειες στο ριζικό της σύστημα. Δημιουργεί ασφυκτικές συνθήκες στο περιβάλλον των ριζών λόγω έλλειψης οξυγόνου και επιπλέον δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη πολλών επιζήμιων παθογόνων (π.χ. *Phytophthora* sp.), στο ύψος του λαιμού του κορμού και στο ριζικό σύστημα (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989).

Η μέση σχετική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται στο 75-80%. Ενδείκνυνται για καλλιέργεια περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις ή και περιοχές που απαντώνται κατά μήκος μεγάλων ποταμών. (Πατακιούτας κ.ά. 2008)

Αντοχή στην έλλειψη νερού

Η ακτινιδιά είναι μια καλλιέργεια ευαίσθητη στην απώλεια υγρασίας σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Το φυτό έχει μεγάλα φύλλα, διαπνέει έντονα και έχει μικρό έλεγχο επί του ανοίγματος και κλεισίματος των στομάτων. Η διαπνοή συνεχίζεται και κατά την διάρκεια της νύχτας φτάνοντας σε τιμές ίσες του 20% έως και 25% της συνολικής ημερήσιας κατανάλωσης νερού και όλα αυτά σε συνδυασμό με την ταχεία αύξηση των κληματίδων, αυξάνει τις απαιτήσεις σε νερό για την κάλυψη των αναγκών του φυτού. Περιορισμός της παροχής νερού κατά τη

διάρκεια του καλοκαιριού εύκολα μειώνει το μέγεθος των καρπών κατά τη συγκομιδή. Ήπια υδατική καταπόνηση κατά τη διάρκεια της πρώιμης ανάπτυξης των καρπών (στάδιο κυτταρικής διαίρεσης) ή αργότερα κατά την ανάπτυξη φρούτων, προκαλεί μείωση στο μέγεθος του φρούτου (Χιλογιάννης κ.ά., 2012).

Σε νεαρά φυτά ακτινιδιάς που αναπτύχθηκαν σε συνθήκες έντονης έλλειψης νερού (40% της υδατοϊκανότητας του εδάφους), η φωτοσύνθεση μειώθηκε κατά 64%, η φυλλική επιφάνεια κατά 77% και το ξηρό βάρος κατά 66% (Χαρτζουλάκης 2019).

Από την συνολική ποσότητα νερού που απορροφούν οι ρίζες και μεταφέρεται στους βλαστούς το 99,5% επιστρέφει πάλι στην ατμόσφαιρα κυρίως μέσω της διαπνοής από τα στόματα των φύλλων και σε πολύ μικρό ποσοστό (0,5%) της διαπνοής από την επιδερμίδα των νεαρών καρπιδίων (Χιλογιάννης κ.ά., 2012). Η διαπνοή των καρπών είναι αυξημένη κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του καρπού, αλλά μειώνεται πολύ όσο πλησιάζει η ωρίμανση του (Montanaro κ.ά., 2012). Κατά τη διάρκεια της ημέρας τα στομάτια είναι συνήθως ανοικτά. Όταν η υγρασία του εδάφους μειωθεί κάτω από τα κρίσιμα επίπεδα, παρατηρείται ήπια καταπόνηση του φυτού και τα στομάτια κλείνουν για να μειωθεί η απώλεια νερού και να αποφευχθεί η αφυδάτωση (wilting). Συνακόλουθα, η εισροή διοξειδίου του άνθρακα μειώνεται και η φωτοσύνθεση επιβραδύνεται. Επίσης, όταν τα στομάτια είναι κλειστά, η ψύξη με εξάτμιση μειώνεται και οι επιφάνειες των φύλλων αρχίζουν να θερμαίνονται, προκαλώντας περιφερειακό κάψιμο και αργότερα νέκρωση ολόκληρου του ελάσματος (J.Hasey & al, 1994).

Τα πρέμνα της ακτινιδιάς έχουν πυκνό ριζικό σύστημα, της τάξεως των 0,9 cm/cm³. Το διαθέσιμο νερό στη ζώνη του ριζικού συστήματος για τους Χιλογιάννης κ.ά. (2012), δεν πρέπει να πέφτει κάτω από το 50%. Οι ρίζες που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους απορροφούν σημαντικές ποσότητες νερού πράγμα που επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι το εδαφικό υδατικό περιεχόμενο μεταβάλλεται ταχύτατα σε βάθος 20cm, ενώ σε βαθύτερα στρώματα π.χ. 60cm και πλέον, υπάρχει μια μονότονη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους. Ίσως αυτός να είναι και ο λόγος που το ριζικό σύστημα της ακτινιδιάς δεν ανέχεται την περίσσεια και την έλλειψη νερού, καθώς μειώνεται η ικανότητα του να απορροφά οξυγόνο και θρεπτικά

στοιχεία, ενώ λόγω της έλλειψης κυριαρχίας της κορυφής στη ρίζα, δεν εκμεταλλεύεται μεγάλη έκταση υπεδάφους και ίσως οφείλεται και εδώ η ευαισθησία στην μειωμένη υγρασία.

Απαιτήσεις όσο αφορά την 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 (Πατακιούτας κ.ά., 2008).

Το χλώριο, τα δισανθρακικά, το βόριο και το νάτριο προκαλούν τα κυριότερα προβλήματα. Η συγκέντρωση των παραπάνω στοιχείων στο νερό άρδευσης της ακτινιδιάς για να μην υπάρχουν προβλήματα είναι για το Cl<70 ppm, τα H₂CO<200 ppm, το B<0,25 ppm και το Na<50 ppm. Σε νεαρά φυτά ακτινιδιάς η άρδευση με νερό EC> 0,7dS/m μείωσε σημαντικά το ρυθμό φωτοσύνθεσης, το ξηρό βάρος και τη φυλλική επιφάνεια (Χαρτζουλάκης 2019).

Σε περιπτώσεις υψηλών συγκεντρώσεων σε άλατα νατρίου, πρέπει σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά το καλοκαίρι, αυτά να αποπλένονται με πολύ μεγαλύτερες δόσεις άρδευσης (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989).

Εδαφική υγρασία και ποσότητα παραγωγής

Κατά την αρδευτική περίοδο, οι ανάγκες των φυτών σε νερό είναι μεγαλύτερες την εποχή της καρπόδεσης και της ανάπτυξης του μεγέθους των καρπών.

Η μείωση της εδαφικής υγρασίας στα πρώτα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης περιορίζουν μέχρι και 25% τις αποδόσεις. Σε περιοχές που υπάρχει κίνδυνος από πρώιμους παγετούς επιβάλλεται να διακόπτονται οι αρδεύσεις αρκετά νωρίς το φθινόπωρο, ώστε να δίνεται χρόνος για να ξυλοποιούνται εγκαίρως οι βλαστοί. Επίσης οι φερόμενοι καρποί ωφελούνται με το αραίωμα και το έγκαιρο σταμάτημα των αρδεύσεων όταν πλησιάζει η ωρίμανση. Οι καρποί αυτοί διατηρούνται πολύ

καλύτερα αργότερα (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989). Η καμπύλη αύξησης του μεγέθους του καρπού είναι διπλή σιγμοειδής και μπορεί να περιγραφεί σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο (0-58 μέρες μετά την άνθιση) χαρακτηρίζεται από γρήγορη αύξηση στο βάρος και τον όγκο του καρπού. Γίνεται με κυτταροδιαίρεση στον κεντρικό άξονα και στην σάρκα και ακολουθείται από τάνυση. Στο δεύτερο στάδιο (58-76 μέρες μετά την άνθιση) χαρακτηρίζεται από μειωμένη αύξηση του νωπού βάρους λόγω μειωμένης ταχύτητας τάνυσης των κυττάρων. Στο τρίτο στάδιο υπάρχει βραδεία αύξηση μέχρι την έναρξη της ωρίμανσης (Παλούκης & Ντινόπουλος, 1989). Μειωμένος εφοδιασμός με νερό κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του μεγέθους των καρπών κατά την συγκομιδή. Κατά την φάση ανάπτυξης των καρπών (στάδιο της κυτταρικής διαίρεσης) τιμές του υδατικού δυναμικού των φύλλων πριν την αυγή $-0,5\text{MPa}$ οδηγούν σε μείωση του μεγέθους των καρπών (Miller κ.ά. 1998).

Εδαφική υγρασία και ποιότητα παραγωγής

Πέρα από γενετικούς παράγοντες η παραγωγή ξηράς ουσίας εξαρτάται από τη συνολική φυλλική επιφάνεια και τη διάρκεια παραγωγικότητας των φύλλων (Χαρτζουλάκης, 1992). Κατά την 1η και 2η εβδομάδα μετά την άνθιση οι νεαροί καρποί διαπνέουν έντονα, άρα υπάρχουν σημαντικές απώλειες νερού, ενώ φαίνεται πως και η περιεκτικότητα του καρπού σε σάκχαρα συνδέεται άμεσα με την διαπνοή.

Η έλλειψη νερού στη δεύτερη φάση της ανάπτυξης του καρπού έχει μικρότερο αντίκτυπο (Miller κ.ά. 1998). Βέβαια σε περίπτωση που η καλλιέργεια της ακτινιδιάς είναι εγκατεστημένη σε βαθιά εδάφη με υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού, αναστολή της άρδευσης στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας αυξάνει την συνεκτικότητα του καρπού και δεν επηρεάζει το μέγεθος τους κατά την συγκομιδή και ούτε τα Brix. Ο Miller et al. (1998) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μια ήπια υδατική καταπόνηση την περίοδο έναρξης της 2ης φάσης ανάπτυξης του καρπού, βελτιώνει την ποιότητα με την αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυτών στερεών και τη συσσώρευση σακχαρόζης πιο νωρίς. Περιορίζοντας την εδαφική υγρασία προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου μειώνεται ελαφρά το μέγεθος αλλά αυξάνονται τα σάκχαρα και τα συνολικά ΔΣΣ (Effects of Water Stress on Fruit Quality Attributes of Kiwifruit, Miller κ.ά. 1998).

Εκτίμηση αναγκών σε νερό και πρόγραμμα άρδευσης

Πριν προχωρήσει ένας γεωπόνος στην κατάρτιση προγράμματος άρδευσης πρέπει να συγκεντρώσει στοιχεία σχετικά με το κλίμα, τον τύπο και το βάθος του εδάφους, 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. Για το κλίμα, εκτός από τα δεδομένα που ίσως είναι διαθέσιμα από αγρομετεωρολογικούς σταθμούς της κάθε περιοχής, ο Κλιματικός Άτλαντας, μία πρόσφατη προσπάθεια της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη πηγή (ΕΜΥ, 2017).

Σήμερα, το γενικά αποδεκτό πρότυπο για την εκτίμηση αναγκών καλλιεργειών σε νερό είναι η οδηγία 56 του FAO (Allen et al., 1998) 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 (ETc) είναι μέσω του γινομένου του σύνθετου κλιματικού παράγοντα που ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETo) επί τον κατάλληλο καλλιεργητικό συντελεστή (Kc). Στην αναφορά 56 του FAO (Allen et al., 1998) περιλαμβάνονται γενικές τιμές για την καλλιέργεια ακτινιδίου. Για την ακτινιδιά, σύμφωνα με τους Allen et al. (1998) ισχύουν οι ακόλουθοι καλλιεργητικοί συντελεστές (Kc, Πίνακας 3).

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 (FAO, 2017) 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.

Πίνακας 3 Καλλιεργητικοί συντελεστές ακτινιδιάς (Allen et al., 1998)

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
	0,00	0,00	0,00	0,40	0,75	1,05	1,05	1,05	1,05	0,00	0,00	0,00

Σύμφωνα με τους Steduto et al. (2012), μια καλοκαιρινή μέρα, ένας ακτινιδεώνας καταναλώνει $\sim 60-70 \text{ m}^3$ νερού και σε μία καλλιεργητική περίοδο παρέχονται περίπου 300-350 λίτρα νερού ανά κιλό φρούτων (με απόδοση 35 τόνων ha^{-1}). Μία σχετικά παλαιά απόφαση του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων - ΥΠΑΑΤ (Φ.16/6631, ΦΕΚ 428/Β/2-6-1989) περιλαμβάνει δεδομένα σχετικά με την αρδευτική περίοδο και τα όρια σχετικά με τη χρήση αρδευτικού νερού βασικών καλλιεργειών στα υδατικά διαμερίσματα της χώρας μας (Πίνακας 4). Το Υπουργείο αναγνώρισε με μία απόφαση του 1992 την ανάγκη συστηματικής έρευνας σχετικά με τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό με βάση νέες μεθοδολογίες καθώς και την ενημέρωση των καλλιεργητικών συντελεστών.

Το κλιματικό πρόγραμμα άρδευσης που θα προκύψει αν αξιοποιηθούν οι πληροφορίες σχετικά με το κλίμα μίας περιοχής παρέχει απλά μία βασική πληροφορία αναφοράς σχετικά με την διαχείριση της άρδευσης. Σε επίπεδο αγρού δεν έχει νόημα να λαμβάνεται υπόψη η κλιματική τιμή της βροχόπτωσης. Το κλιματικό πρόγραμμα μπορεί να καταρτιστεί είτε σε μηνιαία χρονική βάση, είτε σε ευρύτερες περιόδους.

Στην πράξη, το κλιματικό πρόγραμμα θα πρέπει να ρυθμίζεται με βάση τον καιρό που επικρατεί, την κατάσταση της καλλιέργειας, την αναμενόμενη παραγωγή κοκ. Από τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, τμήμα αναμένεται να καλυφθεί από τη βροχή, και πιο συγκεκριμένα από το ποσοστό της βροχής που αποθηκεύεται στο έδαφος και είναι διαθέσιμη στα φυτά (ενεργός βροχόπτωση), ενώ το υπόλοιπο θα πρέπει εάν υπάρχει δυνατότητα να καλυφθεί μέσω άρδευσης (λαμβάνοντας υπόψη την αποτελεσματικότητα του συστήματος άρδευσης). Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή του νερού τις βραδινές ή πολύ πρωινές ώρες συντελεί στη μείωση των απωλειών λόγω εξάτμισης. Σε συστήματα με μικρο-εκτοξευτήρες, η άρδευση δεν πρέπει να γίνεται όταν πνέει άνεμος που παραμορφώνει την διατρεχόμενη επιφάνεια.

Πίνακας 4 Ανάγκες σε αρδευτικό νερό ανά κατηγορία καλλιεργειών για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. Φ16/6631/89 (ΦΕΚ 428 Β / 1989). (Σε κυβικά μέτρα νερού ανά στρέμμα, για ολόκληρο το μήνα)

ΜΗΝΑΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ VI (περιλαμβάνει και τα ακτινίδια)
Απρίλης	48-64
Μάιος	92-116
Ιούνιος	128-156
Ιούλιος	148-176
Αύγουστος	140-168
Σεπτέμβριος	76-100

Τα όρια αυτά αντιπροσωπεύουν το νερό που πρέπει να δεχθεί μία καλλιέργεια ακτινιδίου για να καλύψει τις ανάγκες της σε νερό. Το νερό αυτό θα το λάβει μέσω της βροχής (ενεργός βροχόπτωση) και μέσω της άρδευσης. Για να γίνουν οι σχετικοί υπολογισμοί πρέπει να εκτιμηθούν οι ανάγκες των φυτών σε νερό, οι φυσικές παράμετροι του εδάφους που σχετίζονται με την κίνηση και την αποθήκευση του νερού καθώς και τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης. Από αυτά οι ανάγκες των φυτών σε νερό δεν είναι σταθερές κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, λόγω αλλαγών στην φυσιολογία των φυτών και λόγω αλλαγών στις καιρικές συνθήκες.

Συστήματα άρδευσης και στράγγισης

Η διαχείριση της άρδευσης έχει δύο στόχους: πρώτον την παροχή νερού πριν από τη μείωση της υγρασίας του εδάφους , για την κανονική ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή καρπών και την δεύτερον την ελαχιστοποίηση των συνεπειών λόγω υπεράρδευσης. Όσον αφορά το αρδευτικό σύστημα, 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. Στην ιδανική περίπτωση, με την κατάλληλη διαχείριση, το σύστημα άρδευσης επιτυγχάνει τους παραπάνω στόχους αποτελεσματικά με λογικό κόστος εγκατάστασης και ποσότητας νερού.

Ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο σύστημα άρδευσης, η απόδοσή του εξαρτάται από τον τρόπο λειτουργίας του. Ακόμα και το καλύτερο σύστημα θα έχει κακή απόδοση κάτω από ακατάλληλη διαχείριση. Για να επιτευχθεί επαρκής άρδευση, ο καλλιεργητής πρέπει να καθορίσει πότε και πόσο καιρό να λειτουργήσει ένα συγκεκριμένο σύστημα. Η καλή διαχείριση του νερού απαιτεί διατήρηση επαρκούς ποσότητας υγρασίας του εδάφους ανά πάσα στιγμή. Η έλλειψη νερού επιβραδύνει την ανάπτυξη ενώ η περίσσεια νερού σπαταλά νερό, ενέργεια και χρήματα και δημιουργεί κατάλληλες συνθήκες για εμφάνιση ασθενειών. Επίσης, καθώς η τεχνολογία αλλάζει και βελτιώνεται, τα συστήματα άρδευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εφαρμογή λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων και για τη θέρμανση ή την ψύξη των φυτών (Hasey κ.α., 1994).

Η ακτινιδιά καταναλώνει σε μια καλοκαιρινή ημέρα στην περιοχή της Μεσογείου, 6-7 m³ ανά στρέμμα και απαιτούνται ετησίως 300-350 λίτρα νερό για κάθε κιλό καρπού (για παραγωγή της τάξεως των 3,5 τόνων/στρέμμα). Η εφαρμογή της άρδευσης στην ακτινιδιά γίνεται με διάφορες μεθόδους όπως σταγόνες, μικροεκτοξευτήρες κάτω από την κόμη και εκτοξευτήρες ,ανάλογα με το κλίμα, τον τύπο εδάφους και τη διαθεσιμότητα του νερού (Δημουλάς, 1988). Η αποτελεσματικότητα του νερού σε σχέση με την παραγωγή είναι μεγαλύτερη για την άρδευση με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες κάτω από την κόμη σε σχέση με τους εκτοξευτήρες (Χαρτζουλάκης, 2019). Σε ξηρά περιβάλλοντα όπου υπάρχουν υψηλά ποσοστά εξάτμισης, η ακτινιδιά πρέπει να αρδεύεται με μικροεκτοξευτήρες προκειμένου να διαβρέχεται μεγαλύτερη επιφάνεια εδάφους και το έδαφος να διατηρείται συνεχώς κοντά στο σημείο της υδατοϊκανότητας γι' αυτό απαιτούνται συνεχείς αρδεύσεις (Steduto κ.ά., 2012).

Συστήματα μικροάρδευσης επιτρέπουν και την εφαρμογή λίπανσης μέσω αυτών (υδρολίπανσης). Το δίκτυο πρέπει να σχεδιάζεται και να εγκαθίσταται από επαγγελματίες και να επιθεωρείται στην αρχή κάθε αρδευτικής περιόδου, ώστε να συντηρείται αποτελεσματικά. Περισσότερες από το 80 % των φυτειών ακτινιδιάς χρησιμοποιούν στη χώρα μας το σύστημα της τεχνητής βροχής με ατομικά μπεκ κάτω από την κόμη (Ποντίκης 1996).

Ανάγκη για αποτελεσματική άρδευση

Η αναγκαιότητα της επέκτασης και βελτίωσης των αρδεύσεων για την εξασφάλιση βιώσιμης και αυτοτροφοδοτούμενης γεωργίας ολοένα και αυξάνεται. Έχοντας κατά νου ότι έως το τέλος του 21ου αιώνα εκτιμώνται σημαντικές αλλαγές όσο αφορά τη διαθεσιμότητα του νερού για άρδευση (CMMC, 2013), πολλοί παγκόσμιοι οργανισμοί συμφωνούν ότι, τρεις είναι οι βασικές πρακτικές ορθολογικής χρήσης των υδάτινων πόρων:

- η επαναχρησιμοποίηση των υδάτων,
- η βελτίωση των πρακτικών άρδευσης, ώστε να μειωθούν οι απώλειες και
- η επιλογή καλλιεργειών/ποικιλιών με μικρότερη ανάγκη άρδευσης.

Οι πρακτικές αυτές μπορούν να συμβάλουν θετικά στην αγροτική παραγωγή και να εξαλείψουν μελλοντικούς κινδύνους στην παραγωγή τροφίμων (ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΟΜΙΑΣ Μέρος Ι, Το Ελαιόλαδο. 2017).

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 (Υπουργείο Γεωργίας, 2000, Νάνος, 2009). 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.

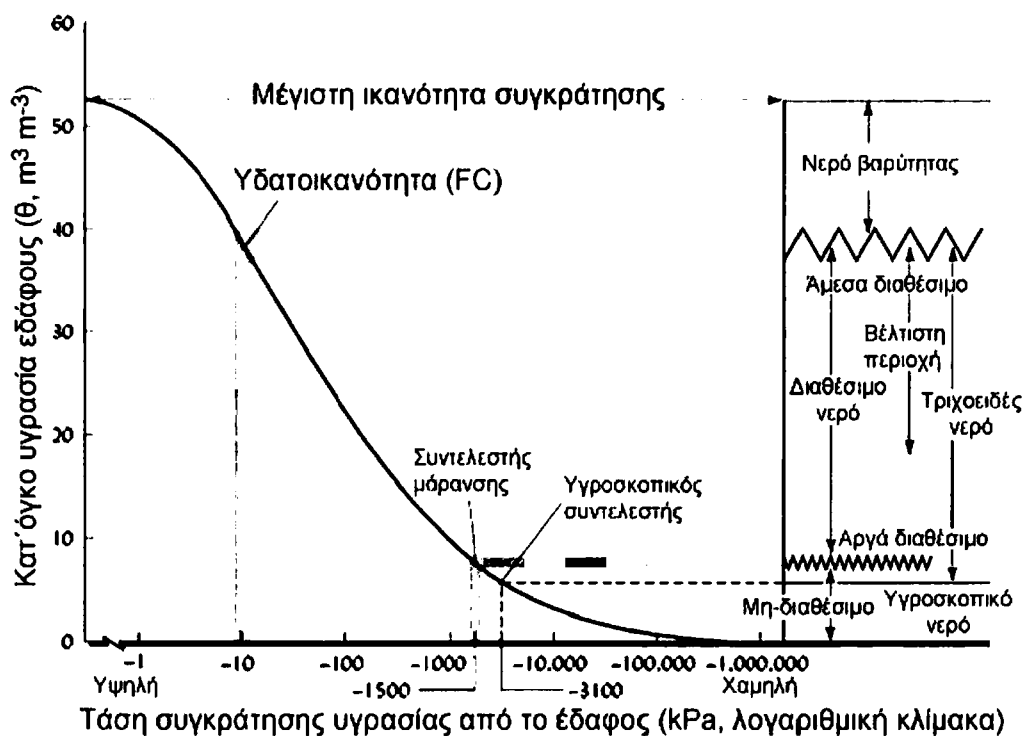
Στα σχέδια βιολογικής καλλιέργειας περιλαμβάνονται και δράσεις που αφορούν την χρήση του νερού, ενώ παρόμοιες πληροφορίες περιλαμβάνονται σε προτάσεις καλλιεργητών που αφορούν δικαιώματα χρήσης νερού, ένταξη σε προγράμματα ελέγχου νιτρορύπανσης κοκ. Οι παραγωγοί μάλιστα εκπαιδεύονται στο πλαίσιο εφαρμογής 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.

Μέτρηση εδαφικής υγρασίας

Η διαχείριση της άρδευσης δεν μπορεί να ακολουθεί κατά γράμμα το κλιματικό πρόγραμμα αλλά πρέπει να προσαρμόζεται στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν από μέρα σε μέρα. Η εμπειρία του παραγωγού, όσο αφορά την αντίληψη της υγρασίας του χώματος και της κατάστασης του φυτού, είναι πολύ σημαντική αλλά στο πλαίσιο της γενικής αρχής ότι «δεν μπορείς να ελέγξεις ό,τι δεν μπορείς να μετρήσεις», για να βοηθηθεί ο γεωπόνος και ο παραγωγός στην τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων χρειάζονται μετρήσεις. Ένα τυπικό ανόργανο έδαφος (mineral soil) περιέχει 45% κατ'όγκο ανόργανη ύλη, 5% κατ'όγκο οργανική ύλη ενώ το υπόλοιπο 50% του όγκου του καταλαμβάνεται από την υγρή (εδαφικό διάλυμα) και την αέρια φάση.

Το νερό στο έδαφος ή γενικότερα στα υποστρώματα καλλιέργειας, εκτός από την επίδραση της βαρύτητας δέχεται και την τάση (suction / μύζηση – αρνητική πίεση) συγκράτησής του από τα εδαφικά σωματίδια. Η υγρασία που περιέχεται στο έδαφος συνδέεται με την τάση αυτή. Τα φυτά πρέπει να ασκήσουν τουλάχιστον πίεση τουλάχιστον όσο και η τάση συγκράτησης του νερού από το έδαφος ώστε να το απορροφήσουν. Τα υποστρώματα ως πορώδη σώματα, συγκρατούν υγρασία λόγω ελκτικών δυνάμεων μεταξύ της επιφάνειας της στερεάς ουσίας τους και του νερού (δυνάμεις συνάφειας). Τα μόρια του νερού που υπάρχουν στο έδαφος ασκούν και μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις (δυνάμεις συνοχής). Κάθε έδαφος έχει μία

χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας (Χ.Κ.Υ., moisture characteristic curve ή pF-curve), που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ περιεχομένης υγρασίας και της μύζησης με την οποία το νερό συγκρατείται από την στερεά φάση (Εικόνα 3).



Εικόνα 3 Χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας και βασικά επίπεδα υγρασίας (πηγή: απόδοση στα Ελληνικά από Lajos, 2008: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0032_talajtan/ch07s05.html). Μία πολύ αναλυτική παρουσίαση του διαγράμματος αυτού είναι διαθέσιμη στο: <https://www.youtube.com/watch?v=70x98CdErbE>)

Γενικά το ζητούμενο είναι η υγρασία στο έδαφος να παραμένει σε μία περιοχή που ονομάζουμε Εύκολα Διαθέσιμο Νερό (EAW – Easily Available Water ή RAE – Readily Available Water).

Η μέτρηση και παρακολούθηση της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας είναι θεμελιώδης παράγοντας κάθε ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης αρδευτικού νερού, χάριν του οποίου διασφαλίζονται ο όγκος και η ποιότητα των παραγόμενων αγροτικών προϊόντων. Οι διαθέσιμοι αισθητήρες βασίζονται σε έμμεσες μεθόδους προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας, δηλαδή ενσωματώνουν τεχνολογίες

μέτρησης άλλων ιδιοτήτων του εδάφους, που μεταβάλλονται σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία εντός αυτού. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται τα τασίμετρα ή τενσιόμετρα (tensiometers) και οι διηλεκτρικές μέθοδοι. Τα τασίμετρα αποτελούν μια απλή στη σύλληψη συσκευή που επιτρέπει την εκτίμηση της διαθεσιμότητας του εδαφικού νερού. Μία πολύ δημοφιλής τεχνολογία είναι οι διηλεκτρικοί αισθητήρες μέτρησης εδαφικής υγρασίας. Αυτοί εκτιμούν την εδαφική υγρασία μετρώντας την διηλεκτρική σταθερά του εδάφους, μία ηλεκτρική ιδιότητα που σχετίζεται με την ποσότητα νερού που περιέχεται σε αυτό. Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες των αισθητήρων αυτών είναι οι ακόλουθες (Pardossi κ.α., 2009; Muñoz-Carpena, 2009):

- Ανάκλασης στο χώρο:
 - ο του χρόνου (Time Domain Reflectometry - TDR)
 - ο της συχνότητας (Frequency Domain Reflectometry - FDR)
 - ο του πλάτους (Amplitude Domain Reflectometry - ADR)
- Χωρητικότητας (capacitance domain) Η μέθοδος αυτή συσχετίζει την εδαφική υγρασία με την χωρητικότητα του εδάφους ως ηλεκτρικού πυκνωτή και αποτελεί μια πολύ καλή τομή μεταξύ κόστους, ακρίβειας και αξιοπιστίας.

Ειδικές τεχνικές διαχείρισης

Η ακτινιδιά είναι ευαίσθητη στην έλλειψη νερού καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο και για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της ελλειμματικής άρδευσης.

Εναλλακτικές πηγές νερού

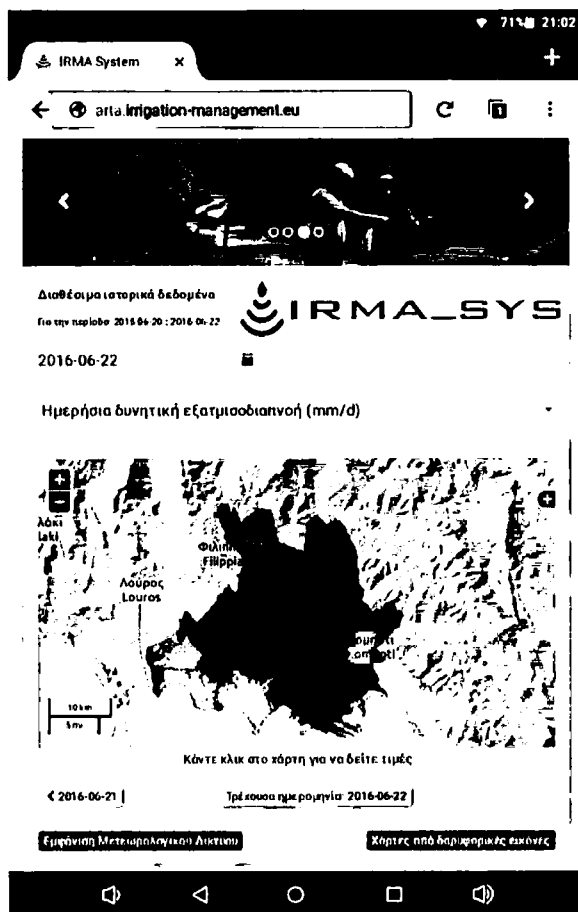
Η γεωργία είναι μακράν η δραστηριότητα που καταναλώνεται η μεγαλύτερη ποσότητα νερού σε παγκόσμιο επίπεδο. Η άρδευση των γεωργικών εκτάσεων αντιπροσωπεύει το 70% του νερού που χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι το 80% των υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για άρδευση και για το λόγο αυτό η βέλτιστη διαχείριση των αρδεύσεων αποτελεί ένα ολοένα και αυξανόμενης σημασίας καλλιεργητικό στόχο. Μέρος της λύσης για την αντιμετώπιση της μείωσης του διαθέσιμου νερού για άρδευση μπορεί να αποτελέσει η αξιοποίηση εναλλακτικών πηγών νερού υποβαθμισμένης ποιότητας (αλατούχα, επεξεργασμένα κοκ).

Συστήματα παροχής συμβουλών σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης

Η μεγάλη πλειοψηφία των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται για την κατάρτιση προγραμμάτων άρδευσης βασίζεται στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με βάση ισοζύγια ενέργειας και μάζας (Allen κ.α., 1998) και καταλήγει σε προτάσεις σχετικά με τη συχνότητα και τη διάρκεια των αρδευτικών γεγονότων.

Τα τελευταία έτη υπάρχουν πολλά παραδείγματα ανάπτυξης στατικού ή δυναμικού λογισμικού με σκοπό την υποστήριξη των γεωπόνων στον υπολογισμό εξατμισοδιαπνοής και αναγκών των φυτών σε νερό στο πλαίσιο σχεδιασμού και διαχείρισης αρδευτικών συστημάτων. Πέρα από τις ατομικές αυτές προσεγγίσεις, καλύτερα και οικονομικότερα αποτελέσματα προσφέρουν κεντρικά συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης (Νάνος, 2009).

Σήμερα υπάρχουν τέτοια συστήματα στην χώρα μας αλλά καλύπτουν σχετικά μικρές περιοχές (Εικόνα 4). Τα συστήματα αυτά 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 αρδευτικού συστήματος, την παράλληλη αξιολόγηση πιλοτικών αγρών, την περιοδική αξιολόγηση και ερμηνεία των συμβουλών από γεωπόνους ή έμπειρους χρήστες τους (Malamos et al., 2016).



Εικόνα 4 Παράθυρο εφαρμογής συστήματος υποβοήθησης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση καλλιεργειών

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.

Κόστος & τιμή αρδευτικού νερού

Η αρδευόμενη γεωργία αποτελεί τη σημαντικότερη χρήση νερού, ενώ γενικά οι αρδευτικές ανάγκες στο σύνολο της χώρας αυξάνονται. Σημειώνεται ότι κατά την απογραφή του 2009 το ποσοστό των εκτάσεων που αρδεύτηκαν σε σχέση με τις συνολικά καλλιεργούμενες ήταν ίσο με 34,43% σημειώνοντας αύξηση κατά 10,7% σε σχέση με το 1991 (αντίστοιχα την ίδια περίοδο η χρησιμοποιούμενη γεωργική γη μειώθηκε κατά περίπου 10%). Η συνολική αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων κατά

τη διάρκεια της τελευταίας 20ετίας εκτιμάται ότι ήταν της τάξης του 16% (ΕΛ.ΣΤΑΤ., Απογραφές Γεωργίας – Κτηνοτροφίας, 1991 και 2009).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, το νερό για άρδευση έχει κόστος. Σε εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο της ΕΕ για τα Υδατα 60/2000 (η οποία έχει ενσωματωθεί στην εθνική νομοθεσία από το 2003) συντάχθηκαν με ευθύνη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, τα σχέδια διαχείρισης υδάτων για τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας (η πρώτη έκδοση των περισσότερων εγκρίθηκε το 2013). Στο πλαίσιο αυτών έχει γίνει και κοστολόγηση του αρδευτικού νερού. Την άνοιξη του 2017 δημοσιεύτηκε η ΚΥΑ σχετικά με την έγκριση γενικών κανόνων κοστολόγησης και τιμολόγησης υπηρεσιών ύδατος (Εθνική Επιτροπή Υδάτων, 2017). Η τελική τιμολόγηση του νερού (αν και όταν εφαρμοστεί) θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της ότι χωρίς ικανοποιητικά επίπεδα υγρασίας στο έδαφος οι καλλιέργειες μπορεί να γίνουν οικονομικά μη-βιώσιμες και να εγκαταλειφθούν. Τόσο τα σχέδια διαχείρισης όσο και οι νόμοι για εφαρμογή τιμολόγησης μπορούν να αναθεωρηθούν. Αυτό που πρέπει να αναπτυχθεί γιατί έχει σταθερή αξία, είναι η ορθολογική αντιμετώπιση των θεμάτων σχεδιασμού, εγκατάστασης και διαχείρισης των αρδευτικών συστημάτων μέσω της αξιοποίησης των επαγγελματιών επιστημόνων και της εκπαίδευσης των παραγωγών σχετικά με την άρδευση και την αξία του νερού ως φυσικού πόρου.

Υδατικό αποτύπωμα

Το υδατικό αποτύπωμα (WF) εμφανίστηκε ως όρος το 2002 (Vanham and Bidoglio, 2013) και είναι ένας εναλλακτικός δείκτης κατανάλωσης νερού. Ως υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος ορίζεται ο συνολικός όγκος νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος αυτού. Εκφράζεται συνήθως σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα προϊόντος (m^3 / ton) ή σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα χρόνου (m^3 / yr). Το αποτύπωμα έχει τρεις συνιστώσες: το «πράσινο», το «μπλε» και το «γκρίζο» νερό. Το «πράσινο» νερό σχετίζεται με το νερό της βροχής που παραμένει διαθέσιμο στο έδαφος προς κατανάλωση από τις καλλιέργειες (ουσιαστικά είναι αυτό που ονομάζουμε ενεργή βροχόπτωση). Το «μπλε» νερό σχετίζεται με την λήψη νερού για άρδευση από επιφανειακά υδάτινα σώματα (ποτάμια, ρέματα, διώρυγες) ή τον υπόγειο υδροφόρο. Το «γκρίζο» νερό δεν πρέπει να συγχέεται με

ανακυκλωμένο νερό, πρόκειται για την ποσότητα νερού που χρειάζεται για τη διάλυση των ρυπαντών που προκύπτουν από τις διαδικασίες παραγωγής (στο χωράφι ή κατά την επεξεργασία) έτσι ώστε η εκροή που θα προκύψει να πληροί τα περιβαλλοντικά όρια σχετικά με την ποιότητα των υδάτων. Η εκτίμησή του υδατικού αποτυπώματος εμπεριέχει περιορισμούς και προκλήσεις κυρίως λόγω της έλλειψης διαθεσιμότητας αξιόπιστων δεδομένων.

Το συλλογικό σύστημα παροχής συμβουλών άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας

Έχοντας ως έμπνευση συστήματα υποβοήθησης λήψης αποφάσεων για την άρδευση που καλύπτουν μεγάλες περιοχές και λειτουργούν εδώ και δεκαετίες (π.χ. το California Irrigation Management Information System (CIMIS), <http://www.cimis.water.ca.gov/>), το 2008 αναπτύχθηκε ένα πολύ απλό σχετικό σύστημα για την πεδιάδα της Άρτας (<http://probiosis.teiep.gr/>, Τσιρογιάννης και Τριάντος, 2009). Στο πλαίσιο του έργου ETCP GR-IT 2007-2013 IRMA αναπτύχθηκε ένα πληρέστερο σχετικό σύστημα (Malamos et al., 2014; Tsirogiannis et al., 2015) το οποίο διατέθηκε ως ανοικτός και δωρεάν κώδικας.

Το σύστημα αυτό είναι μια εφαρμογή, φιλική προς το χρήστη με αρχική βάση τον ανοιχτό και δωρεάν κώδικα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του ETCP GR-IT 2007-2013 IRMA, η οποία χρησιμοποιεί ελεύθερα αγρομετεωρολογικά δεδομένα (από το Openmeteo / Ενυδρίς - Χριστοφίδης κ.α., 2011) για την χωρική εκτίμηση των υδατικών αναγκών συγκεκριμένων καλλιεργειών και τον προγραμματισμό των αρδεύσεων σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες, από επίπεδο χωραφιού ως λεκάνης απορροής, χρησιμοποιώντας υψηλή χωρική ανάλυση (Tsirogiannis et al., 2014; Malamos et al., 2015). Το IRMA_SYS βελτιώνεται και υποστηρίζεται από την Καλές Αγροτικές Πρακτικές ΑΜΚΕ με στόχο την παροχή ενός αξιόπιστου εργαλείου για την επίτευξη αποτελεσματικής χρήσης του νερού άρδευσης (στην Ελλάδα η άρδευση είναι ο βασικότερος χρήστης νερού με ποσοστά που ξεπερνούν σε ορισμένες περιοχές και το 80%). Έως και την αρδευτική περίοδο του 2018, το σύστημα κάλυπτε σε επιχειρησιακό επίπεδο την πεδιάδα της Άρτας (έκταση περίπου 22.000 ha), ενώ σε πιλοτική μορφή δοκιμάζεται ήδη σε ακόμη δύο περιοχές της Ελλάδας.

Το σύστημα λαμβάνει υπόψη ιστορικά δεδομένα (από τους σταθμούς του συστήματος) και προβλέψεις αγρομετεωρολογικών παραμέτρων και βάσει των διαθέσιμων δεδομένων καλλιέργειας και υδραυλικών ιδιοτήτων του εδάφους, πραγματοποιεί τα ανωτέρω. Επίσης, είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο, επιτρέποντας στους χρήστες να προσθέσουν συγκεκριμένες πληροφορίες για το χωράφι τους, έτσι ώστε να γίνει καλύτερη προσαρμογή των αποτελεσμάτων του συστήματος με τη χρήση της επιπλέον πληροφορίας.

Το σύστημα απευθύνεται σε επαγγελματίες που ασχολούνται με τις αρδεύσεις, οι οποίοι διαθέτουν το απαραίτητο υπόβαθρο και την εμπειρία ώστε να ερμηνεύσουν τις παρεχόμενες πληροφορίες και να χρησιμοποιήσουν το σύστημα ώστε να καταρτίσουν προγράμματα άρδευσης, να προγραμματίζουν και να καταγράφουν τις αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν. Επίσης μπορεί να αξιοποιηθεί ως ένα εργαλείο εκπαίδευσης για την ορθή διαχείριση των αρδεύσεων. Για τη χρήση του συστήματος είναι απαραίτητη η δημιουργία λογαριασμού χρήστη. Δοκιμή του συστήματος μπορεί να γίνει και από μη εγγεγραμμένους χρήστες.

Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών

Οι αρδευτικές ανάγκες εκτιμώνται με την προσέγγιση του υδατικού ελλείμματος εντός της ζώνης ριζοστρώματος, η οποία είναι ένα απλοποιημένο υδατικό ισοζύγιο που υλοποιείται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, βασιζόμενο σε μια αρχική συνθήκη εδαφικής υγρασίας.

Η βάση των υπολογισμών είναι η ακόλουθη σχέση (Allen et al., 1998):

Εξίσωση 1: $Dr_i = Dr_{i-1} - (P_i - RO_i) - IR_{n,i} - CRI + ET_{c,i} + DPI$

όπου:

- i είναι η τρέχουσα χρονική περίοδος (π.χ. η τρέχουσα μέρα ή ώρα)
- Dr_{i-1} είναι το υδατικό έλλειμμα της ζώνης ριζοστρώματος στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου (mm)
- P_i είναι η βροχόπτωση (mm)
- RO_i είναι η επιφανειακή απορροή
- $IR_{n,i}$ είναι το καθαρό ύψος άρδευσης (mm)
- CRI το ύψος του νερού εξαιτίας της τριχοειδούς ανύψωσης (mm)

- $ET_{c,i}$ είναι η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm)
- DP_i είναι οι απώλειες νερού λόγω της βαθιάς κατεΐσδυσης (mm).

Το Dr_i έχει τα ακόλουθα όρια:

Εξίσωση 2: $0s \leq Dr_i \leq TAW$

όπου:

- $0s$ είναι η εδαφική υγρασία στον κορεσμό (mm)
- TAW είναι το συνολικό διαθέσιμο εδαφικό νερό (mm)

Το TAW προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ υδατοϊκανότητας (FC) και σημείου μόνιμης μάρανσης, δηλαδή:

Εξίσωση 3 : $TAW = FC - PWP$

Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι έχει μία διαφορά από την προτεινόμενη από τους Allen et al. (1998) οι οποίοι υποθέτουν ότι το Dr_i είναι πάντα θετικό.

Η επιφανειακή απορροή, RO_i , ισούται με το ύψος νερού που υπερβαίνει την εδαφική υγρασία στον κορεσμό έπειτα από ισχυρή βροχόπτωση, δηλαδή:

Εξίσωση 4 : $RO_i = P_i + \Theta_{i-1} - 0s$ όταν $(P_i + \Theta_{i-1} - 0s) > 0$

όπου:

- Θ_{i-1} είναι η εδαφική υγρασία στο προηγούμενο χρονικό βήμα

Το ύψος του νερού εξαιτίας της τριχοειδούς ανύψωσης, CR_i , και οι απώλειες νερού λόγω της βαθιάς κατεΐσδυσης, DP_i , θεωρούνται ίσες αφού στην περίπτωση της πεδιάδας της Άρτας ο υδροφόρος ορίζοντας είναι αρκετά ψηλά οπότε θεωρείται ότι υπάρχει ισορροπία μεταξύ των δύο μεγεθών σε ετήσια χρονική κλίμακα.

Έτσι η Εξίσωση 1 γίνεται:

Εξίσωση 5: $Dr_i = Dr_{i-1} - P_i - IR_{n,i} + ET_{c,i} + RO_i$

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, $ET_{c,i}$, υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς με τους κατάλληλους καλλιεργητικούς συντελεστές, K_c (Allen et al., 1998).

Κάθε φορά που ο χρήστης αρδεύει, το αρχικό υδατικό έλλειμμα προκύπτει από τον όγκο νερού που εφαρμόστηκε. Εφόσον υπολογίζεται το Dr_i σε κάθε χρονική περίοδο, η άρδευση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί όταν ισχύσει η παρακάτω συνθήκη:

Εξίσωση 6: $Dr_i \geq RAW$

όπου:

- RAW είναι το άμεσα διαθέσιμο εδαφικό νερό, το οποίο είναι συνάρτηση του TAW και εξαρτάται από το μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα (MAD):

Εξίσωση 7: $RAW = MAD \times TAW$

Σε αυτή την περίπτωση το καθαρό ύψος άρδευσης (IRn_i) θεωρείται ίσο προς το αντίστοιχο το υδατικό έλλειμμα της ζώνης ριζοστρώματος στο τέλος του προηγούμενου χρονικού βήματος, οπότε ισχύει:

Εξίσωση 8 : $IRn_i = Dr_{i-1}$

Το σύστημα λαμβάνει υπόψη ιστορικά δεδομένα (από τους εγκατεστημένους σταθμούς στα πλαίσια του έργου), προβλέψεις των απαιτούμενων αγρομετεωρολογικών παραμέτρων και τις υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους, ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του ανωτέρω υδατικού ισοζυγίου σε όλη της περιοχής μελέτης.

Δυνητική εξατμισοδιαπνοή και εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

Η Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή (ETO ή PET) εκτιμάται με βάση του μοντέλο του FAO (Allen et al., 1998) για την εξίσωση Penman-Monteith, σε ημερήσια και ωριαία κλίμακα.

Το σύστημα λαμβάνει υπόψη ιστορικά δεδομένα συναθροισμένα σε ημερήσια κλίμακα (από τους σταθμούς του συστήματος) και τρίωρες προβλέψεις αγρομετεωρολογικών παραμέτρων που αναλύονται σε ωριαίες και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής στις θέσεις των σταθμών. Με βάση αυτές τις τιμές και μέσω επιφανειακής ολοκλήρωσης, παράγονται οι αντίστοιχοι χάρτες ETO της περιοχής μελέτης.

Η επίδραση των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας που διακρίνουν μια καλλιεργούμενη επιφάνεια από την επιφάνεια αναφοράς, ενσωματώνεται στο καλλιεργητικό συντελεστή. Πολλαπλασιάζοντας την ET₀ με το καλλιεργητικό συντελεστή (K_c), εκτιμούμε την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c):

Εξίσωση 9 : $ET_c = K_c \times ET_0$

Στο IRMA_SYS ενσωματώθηκαν μέσω βιβλιογραφίας φυτικοί συντελεστές για διάφορες καλλιέργειες, αλλά οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να τροποποιήσουν τις τιμές του K_c εφόσον διαθέτουν τις κατάλληλες πληροφορίες.

Συντελεστής υδατικής καταπόνησης (K_s)

Οι επιπτώσεις της έλλειψης νερού στην εξατμισοδιαπνοή περιγράφονται με την μείωση της τιμής του καλλιεργητικού συντελεστή. Αυτό επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τον καλλιεργητικού συντελεστή με τον συντελεστή υδατικής καταπόνησης, K_s (Allen et al., 1998), οποίος εκφράζει τις επιπτώσεις της έλλειψης νερού στη διαπνοή των φυτών. Εφόσον στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται η προσέγγιση του μονού καλλιεργητικού συντελεστή, οι επιπτώσεις της έλλειψης νερού στον K_c περιγράφονται ως εξής:

Εξίσωση 10 : $ET_c \text{ adj} = K_s \times K_c \times ET_0$

όπου:

Εξίσωση 11: $K_s = (TAW - Dr)/(TAW - RAW)$

Όταν υπάρχει έλλειψη νερού τότε K_s < 1, ενώ στην αντίθετη περίπτωση K_s = 1.

Αποτελεσματικότητα άρδευσης

Η εκτίμηση του ποσοστού του αρδευτικού νερού που αξιοποιείται και του ποσοστού που χάνεται εκφράζεται από την αποτελεσματικότητα της άρδευσης. Η ποσότητα του νερού που εφαρμόζεται από το σύστημα άρδευσης και παραμένει αδιάθετη στα φυτά είναι σπατάλη και μειώνει την αποτελεσματικότητα της άρδευσης. Οι κύριες αιτίες για την μειωμένη αποδοτικότητα άρδευσης είναι: η κατείσδυση του πλεονάζοντος νερού άρδευσης σε βαθύτερα στρώματα του εδάφους, κάτω από το βάθος των ενεργών ριζών και οι απώλειες από την εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια του εδάφους. Οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να παρέχουν στο σύστημα προσαρμοσμένες πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της άρδευσης των αγροτεμαχίων τους. Ο παρακάτω πίνακας

παρουσιάζει τις τιμές του συντελεστή αποδοτικότητας της άρδευσης που είναι διαθέσιμες στο σύστημα.

Πίνακας 5 Τύποι αρδευτικών συστημάτων που εμπεριέχονται στο IRMA_SYS και οι αντίστοιχες τιμές του συντελεστή αποδοτικότητας

Αρδευτικό σύστημα	Αποτελεσματικότητα άρδευσης
Επιφανειακή άρδευση	60%
Καταιονισμός	75%
Μικροεκτοξευτήρες	80%
Στάγδην άρδευση	90%
Υπόγεια στάγδην άρδευση	95%

Συντελεστής βελτιστοποίησης άρδευσης

Το εύρος άρδευσης είναι σημαντική παράμετρος σχεδιασμού των αρδευτικών συστημάτων. Ορίζεται ως η συχνότητα εφαρμογής του νερού σε μια καλλιέργεια σε ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης και εκφράζεται σε ημέρες. Το μέγιστο εύρος άρδευσης (MF), σε ημέρες εκτιμάται ως εξής:

Εξίσωση 12 : $MF = RAW / ET_c$

όπου:

- RAW (mm) είναι το άμεσα διαθέσιμο εδαφικό νερό και ET_c είναι η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm/day).

Παρόλα αυτά ο αριθμός των ημερών μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων εξαρτάται και από:

- την ακολουθούμενη στρατηγική άρδευσης και τις πρακτικές του κάθε αγρότη
- τη διαθεσιμότητα του νερού, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις ύπαρξης συλλογικών αρδευτικών δικτύων
- το μέγεθος του αρδευτικού εξοπλισμού

- άλλες εργασίες της γεωργικής εκμετάλλευσης που πρέπει να πραγματοποιηθούν παράλληλα με την άρδευση

Με βάση τα ανωτέρω, το πραγματικό εύρος άρδευσης είναι πάντα μικρότερο ή ίσο του μέγιστου και από και στο εξής το ορίζουμε ως «εύρος άρδευσης εφαρμογής» (PF).

Σε αυτό το πλαίσιο, εισάγουμε τον «Συντελεστή βελτιστοποίησης άρδευσης –IRT» που ορίζεται ως η αναλογία του εύρους άρδευσης εφαρμογής σε σχέση με το μέγιστο εύρος άρδευσης:

Εξίσωση 13 $IRT = PF / MF$, με $0.1 \leq IRT \leq 1$

Έτσι, η **Εξίσωση 8** γίνεται:

Εξίσωση 14 $IR_{n,i} = IRT \times Dr_{i-1}$

Η προκαθορισμένη τιμή για το IRT είναι 0,5, υποδεικνύοντας ότι η επόμενη άρδευση πρέπει να λάβει χώρα στο μισό του μέγιστου εύρους άρδευσης εφαρμόζοντας παράλληλα το μισό ύψος από το υπολογισμένες καθαρές ανάγκες άρδευσης, $IR_{n,i}$.

Με την εισαγωγή του IRT, παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να δοκιμάσει και να ελέγξει τα αποτελέσματα διάφορων εναλλακτικών λύσεων ώστε τελικά να καταλήξει στη βέλτιστη στρατηγική άρδευσης, δεδομένων των συνθηκών που επικρατούν στην αγροτική του εκμετάλλευση.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μικρές τιμές του IRT καταλήγουν σε συχνότερες αρδεύσεις με μικρότερα ύψη νερού, ενώ τιμές κοντά στο 1 έχουν ως αποτέλεσμα λιγότερο συχνές αρδεύσεις με μεγαλύτερα ύψη νερού, τα οποία θα προσεγγίζουν το ύψος του άμεσα διαθέσιμου εδαφικού νερού, RAW.

Αρδευόμενη έκταση (m^2)

Όταν ο χρήστης καταχωρεί τον όγκο του νερού που εφαρμόστηκε σε μια άρδευση σε m^3 , το IRMA_SYS υπολογίζει το ύψος (mm) του αρδευτικού νερού που εφαρμόστηκε διαιρώντας τον όγκο (m^3) με την αρδευόμενη έκταση (m^2). Άρα, ο όρος του IRMA_SYS «Αρδευόμενη έκταση (m^2)» αντιπροσωπεύει την πραγματική επιφάνεια διαβροχής στην οποία διανέμεται το αρδευτικό νερό.

Στην περίπτωση που έχουμε τοπική άρδευση (στάγδην ή μικροεκτοξευτήρες), κατά την οποία δεν διαβρέχουμε τη συνολική έκταση του αγροτεμαχίου, είναι πολύ σημαντικό να καταχωρείται από τους χρήστες η πραγματική επιφάνεια διαβροχής και όχι η συνολική έκταση του αγροτεμαχίου.

Ανάλογα με τη διάταξη του αρδευτικού συστήματος, η επιφάνεια διαβροχής κυμαίνεται από 5% ως 100% της συνολικής έκτασης, οπότε η αρδευόμενη έκταση είναι πάντα κλάσμα της συνολικής και μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας συντελεστές όπως:

- Ποσοστό διαβροχής - P_w (%)
- Συντελεστής μείωσης ET στην περίπτωση μικροάρδευσης (r), που αναφέρεται στο ποσοστό μείωσης της σκίασης της επιφάνειας του εδάφους το μεσημέρι, με μέγιστη τιμή το 1.

Οι χρήστες μπορούν να εκτιμήσουν την πραγματική επιφάνεια διαβροχής ακολουθώντας τις παρακάτω οδηγίες του FAO για τον σχεδιασμό συστημάτων τοπικής άρδευσης (Savva and Frenken, 2002) ή καταιονισμού (Savva and Frenken, 2001).

Η διαδικτυακή εφαρμογή του συστήματος

Το σύστημα είναι διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.irmasys.eu/>. Το κύριο χαρακτηριστικό της αρχικής σελίδας είναι η παρουσίαση των χαρτών των μεταβλητών που εμπεριέχονται στον υπολογισμό των αρδευτικών αναγκών, σε ημερήσια κλίμακα, σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε ανωτέρω. Οι μεταβλητές αυτές είναι:

- η ηλιακή ακτινοβολία
- η θερμοκρασία αέρα
- η σχετική υγρασία αέρα
- η ταχύτητα ανέμου
- η δυνητική εξατμισοδιαπνοή και
- η βροχόπτωση

Οι χάρτες έχουν υψηλή χωρική ανάλυση με μέγεθος κελιού 70x70 m και παράγονται με χρήση της μεθόδου της αντίστροφης απόστασης (Inverse Distance Weighting) που περιλαμβάνεται στη βιβλιοθήκη GDAL.

Το σύστημα παρέχει τις συγκεκριμένες πληροφορίες για την περιοχή μελέτης μέσω των υπηρεσιών WMS/WCS του Mapserver.

Η πρόσβαση στους μετεωρολογικούς σταθμούς του δικτύου γίνεται πατώντας το: “Εμφάνιση Μετεωρολογικού Δικτύου” το οποίο βρίσκεται κάτω αριστερά από το χάρτη της αρχικής σελίδας.

Με την επιλογή «Πρόβλεψη καιρού», η οποία βρίσκεται κάτω δεξιά από το χάρτη της αρχικής σελίδας γίνεται σύνδεση στον διαδικτυακό τόπο του έργου OFIDIA, το οποίο δίνει πρόβλεψη 2x2 km που ανανεώνεται κάθε 6 ώρες για την περιοχή της Περιφέρειας Ηπείρου.

Εγγραφή

Η εγγραφή στο IRMA_SYS απαιτεί από τους δυνητικούς χρήστες να παρέχουν ένα όνομα χρήστη, ένα e-mail και έναν κωδικό πρόσβασης.

Αν κάποιος δεν επιθυμεί να εγγραφεί, πατώντας στο: «Δοκιμή» έχει πλήρη πρόσβαση στις δυνατότητες του συστήματος χωρίς όμως την δυνατότητα να αποθηκεύσει οποιεσδήποτε αλλαγές στις ήδη υπάρχουσες πληροφορίες.

Αρχική σελίδα χρήστη

Οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να δουν τα στοιχεία του λογαριασμού τους, μαζί με τις συμβουλές άρδευσης οι οποίες βασίζονται στα διαθέσιμα ιστορικά δεδομένα και προβλέψεις.

Μέσω της σελίδας «Αρδεύσεις» μπορούν να καταχωρήσουν νέες ημερομηνίες άρδευσης και όγκους νερού όπως επίσης και να τροποποιήσουν τις ήδη καταχωρημένες αρδεύσεις.

Επίσης, η σελίδα «Αναφορά Άρδευσης» παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για το υδατικό ισοζύγιο σε ωριαία κλίμακα, ενώ στη σελίδα «Αρδευτική αποδοτικότητα» προβάλλονται για ολόκληρη την αρδευτική περίοδο, μέσω γραφήματος, οι εκτιμήσεις του συστήματος για τις ημερομηνίες και τα ύψη των

αρδεύσεων που θα έπρεπε να πραγματοποιηθούν, μαζί με τα ύψη των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν και την ενεργό βροχόπτωση.

Παράλληλα παρουσιάζονται η εκτίμηση του συνόλου αρδευτικών αναγκών (mm), το σύνολο αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν (mm) και η επί τοις εκατό διαφορά τους, μαζί με το σύνολο της ενεργού βροχόπτωσης (mm) που έχει πέσει μέχρι τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Προσθήκη/Επεξεργασία αγροτεμαχίου

Οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να προσθέσουν τα αγροτεμάχιά τους με χρήση χάρτη, τοποθετώντας τα στην σωστή γεωγραφική θέση με τη βοήθεια του υπόβαθρου δορυφορικών φωτογραφιών του Εθνικού Κτηματολογίου (<http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap>) που επιτρέπει ακρίβεια έως 1 m. Ο χρήστης θα πρέπει να καταχωρίσει πληροφορίες σχετικές με την αρδευόμενη έκταση του χωραφίου, την καλλιέργεια και τον τύπο του αρδευτικού συστήματος. Στη κάτω μέρος της σελίδας υπάρχει λίστα με τα ήδη καταχωρημένα αγροτεμάχια.

Εφόσον υπάρχουν κατάλληλες πληροφορίες διαθέσιμες, οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να τροποποιήσουν τις ιδιότητες κάθε καταχωρημένου αγροτεμαχίου. Με βάση αυτή την πληροφόρηση οι παράμετροι που μπορούν να τροποποιηθούν εμπίπτουν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Διαχείριση Άρδευσης
- Καλλιέργεια
- Έδαφος

Η κατηγορία «Διαχείριση Άρδευσης» περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με:

- την αποδοτικότητα του αρδευτικού συστήματος και
- την ακολουθούμενη στρατηγική.

Η κατηγορία «Καλλιέργεια» περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με:

- τον καλλιεργητικό συντελεστή (Kc),
- το Μέγιστο Επιτρεπόμενο Υδατικό Έλλειμμα (MAD) και
- το εκτιμώμενο μέγιστο και ελάχιστο βάθος ριζοστρώματος.

Η κατηγορία «Έδαφος» περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την FC, PWP και το Θs.

Για όλες τις παραμέτρους υπάρχουν καταχωρημένα τα αντίστοιχα εύρη τιμών και οι προκαθορισμένες τιμές που υπάρχουν στη βάση δεδομένων του συστήματος, με σκοπό την καθοδήγηση του χρήστη.

Η έννοια του αγροτεμαχίου στο IRMA_SYS ταυτίζεται με την έννοια της αρδευτικής ζώνης, μίας περιοχής δηλαδή όπου εφαρμόζεται ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα άρδευσης. Σε ένα φυσικό αγροτεμάχιο μπορεί να υπάρχουν διαφοροποιήσεις ως προς το έδαφος, το ανάγλυφο, το σύστημα άρδευσης, την ηλικία των φυτών και επομένως να υφίσταται η ανάγκη χωρισμού του σε περισσότερες από μία αρδευτικές ζώνες. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει στο σύστημα να δημιουργήσουμε τόσα αγροτεμάχια όσες και οι αρδευτικές ζώνες.

Για να δημιουργηθεί ένα όσο το δυνατόν ακριβέστερο σύνολο παραμέτρων για κάθε αγροτεμάχιο προτείνεται η επιθεώρηση του συστήματος άρδευσης (Tsirogiannis et al., 2015) και η μελέτη της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με τις καλλιεργητικούς συντελεστές και την διακύμανσή τους κατά την αρδευτική περίοδο για κάθε υπό εξέταση καλλιέργεια.

Αρδεύσεις

Οι εγγεγραμμένοι χρήστες μπορούν να προσθέσουν νέες αρδεύσεις και να δουν μία λίστα με τις ήδη καταχωρημένες. Στην περίπτωση που ο χρήστης καταχωρίσει μόνο την ημερομηνία άρδευσης, χωρίς τον όγκο εφαρμογής, το σύστημα υποθέτει ότι εφαρμόστηκε τόσο νερό ώστε η εδαφική υγρασία να φτάσει στην υδατοϊκανότητα, δηλαδή σε μηδενικό υδατικό έλλειμμα. Αυτή η ποσότητα νερού (m3) εμφανίζεται στη σελίδα «Αναφορά Άρδευσης» με σκοπό την καθοδήγηση του χρήστη και για μελλοντική αναφορά.

Αναφορά άρδευσης

Η σελίδα «Αναφορά Άρδευσης» παρουσιάζει μια σύνοψη των πληροφοριών που καταχώρισε ο χρήστης, σχετικά με την καλλιέργεια, το αρδευτικό σύστημα και την τελευταία άρδευση, μαζί με ένα πίνακα ο οποίος περιλαμβάνει τις σημαντικότερες παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου, σε ωριαία κλίμακα, για την

διαθέσιμη περίοδο πρόγνωσης, δηλαδή 72 ώρες. Αν ο χρήστης τροποποιήσει τις προκαθορισμένες τιμές του αγροτεμαχίου στην ενότητα «Χρήση προσαρμοσμένων παραμέτρων», τότε εμφανίζεται το εξής μήνυμα: «Χρήση προσαρμοσμένων παραμέτρων».

Αρδευτική αποδοτικότητα

Το γράφημα της «Αρδευτικής αποδοτικότητας» παρέχει στους χρήστες τα μέσα για την παρουσίαση και την πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικές με την εκτίμηση των υδατικών αναγκών, τις αρδεύσεις που εφαρμόστηκαν και την ενεργό βροχόπτωση για ολόκληρη την αρδευτική περίοδο, δηλαδή από 1 Απριλίου ως 30 Σεπτεμβρίου. Επίσης, τα δεδομένα του γραφήματος μπορούν να ληφθούν σε αρχείο μορφής «κείμενο οριοθετημένο με κόμματα - csv» για περαιτέρω επεξεργασία. Επιπλέον, το σύνολο ενεργού βροχόπτωσης (mm) μαζί με την εκτίμηση του συστήματος για το σύνολο των αρδευτικών αναγκών (mm), το σύνολο των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν, με βάση τις καταχωρίσεις (mm) και την ποσοστιαία διαφορά τους, είναι διαθέσιμα στον χρήστη για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Αξιολόγηση του συλλογικού συστήματος παροχής συμβουλών άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας όσο αφορά την άρδευση ακτινιδίου

Υλικά και μέθοδοι

Με σκοπό την καταγραφή της αρδευτικής πρακτικής έγινε καταγραφή τριών οπωρώνων ακτινιδίου στην πεδιάδα της Άρτας. Για την αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για το έτος 2018 (από 1/5 έως 30/10) από τρεις πιλοτικούς αγρούς που παρακολουθούνται στο πλαίσιο διαχείρισης του συστήματος.

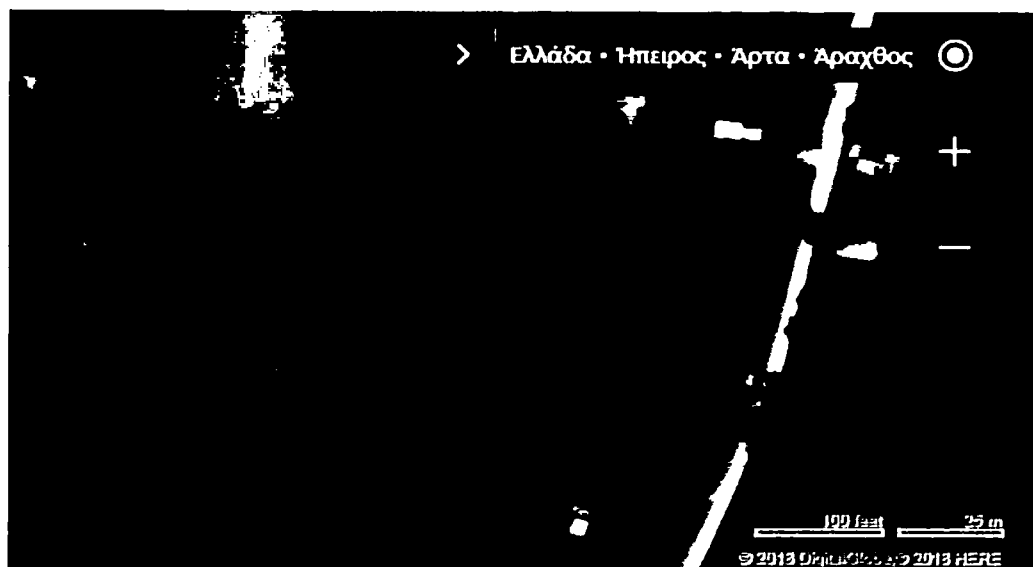
Οπωρώνες (περιγραφή και παράμετροι συστήματος)

Στους επιλεγμένους αγρούς τα φυτά στηρίζονται σε δίκτυο συρμάτων, το οποίο βασιζόμενο σε τσιμεντένιους στύλους σχηματίζει ένα επίπεδο στήριξης για τα πρέμνα σε ύψος 1,8 -2 m από το έδαφος.

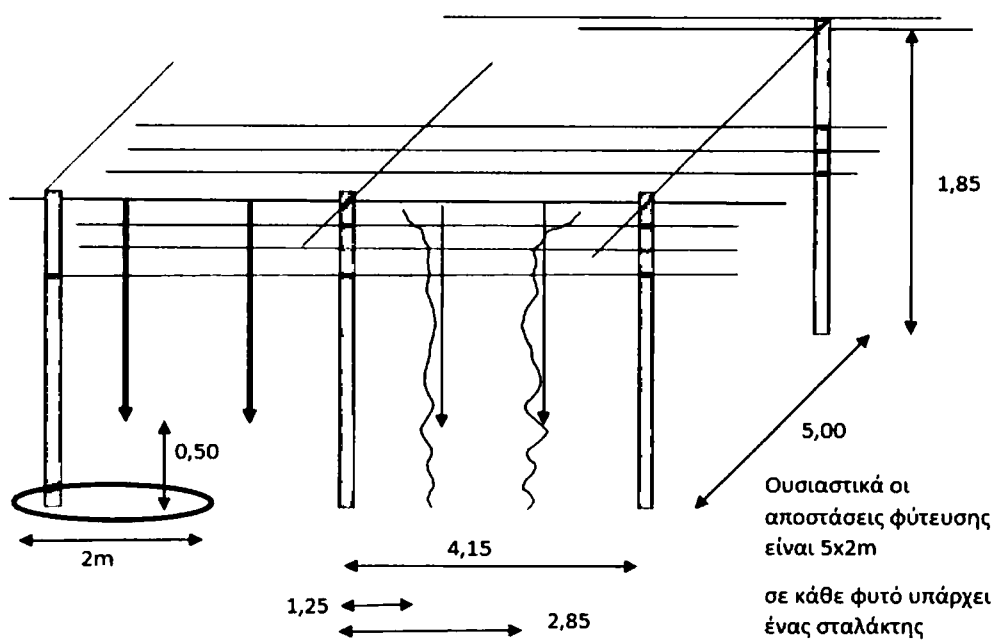
Οπωρώνας Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή)

Ο πρώτος οπωρώνας όπου έγιναν οι δοκιμές βρίσκεται στην Αγία Παρασκευή Άρτας (συντεταγμένες WGS84: 39,10 Β, 20,99 Α), έχει έκταση 1,3 ha, αρδευόμενη έκταση 0,64 ha και καλλιέργεια ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*) ποικιλία Hayward (Clone 8).

Το τμήμα στο οποίο έγιναν οι δοκιμές έχει φυτά ηλικίας 7 ετών (φύτευση το 2011) με αποστάσεις φύτευσης 2,5 x 5m (2,5 επί της γραμμής και 5 οι γραμμές). Το έδαφος είναι ιλυοπηλώδες. Το νερό της άρδευσης προέρχεται από ιδιωτική γεώτρηση, οι έξοδοι είναι μικροεκτοξευτήρες (ένας ανά φυτό), αναρτημένοι σε ύψος 0,5 από το έδαφος και διάμετρο διαβροχής 3-4,5 m. Οι αγωγοί εφαρμογής περνούν σε ύψος 1,85m.



Εικόνα 5 Δορυφορική εικόνα του οπωρώνα Αγ.Παρασκευή (bing maps)



Εικόνα 6 Διάταξη φυτών και αρδευτικού συστήματος

Στον οπωρώνα στην Α χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω προσαρμοσμένοι παράμετροι (σε παρένθεση δίνονται οι τιμές των παραμέτρων που είναι

καταχωρημένες στη βάση δεδομένων του συστήματος, εάν δεν δοθεί τιμή σε μία παράμετρο τότε αυτή έχει την τιμή που προτείνει το σύστημα):

Διαχείριση άρδευσης

- Συντελεστής αρδευτικής αποδοτικότητας: 0,75 (0,8)
- Συντελεστής βελτιστοποίησης άρδευσης: 0,75 (0,5)

Καλλιέργεια

- Μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα: 0,35 (0,35)
- Εκτιμώμενο μέγιστο βάθος ριζοστρώματος: 0,3 (1,3)
- Εκτιμώμενο ελάχιστο βάθος ριζοστρώματος: 0,3 (0,7)

Με βάση τη πληροφορία που παρέχεται για το ακτινίδιο από τους Allen et al. (1998, Πίνακας 3) στη βάση δεδομένων του συστήματος καταχωρήθηκε η τιμή $K_c=0,8$

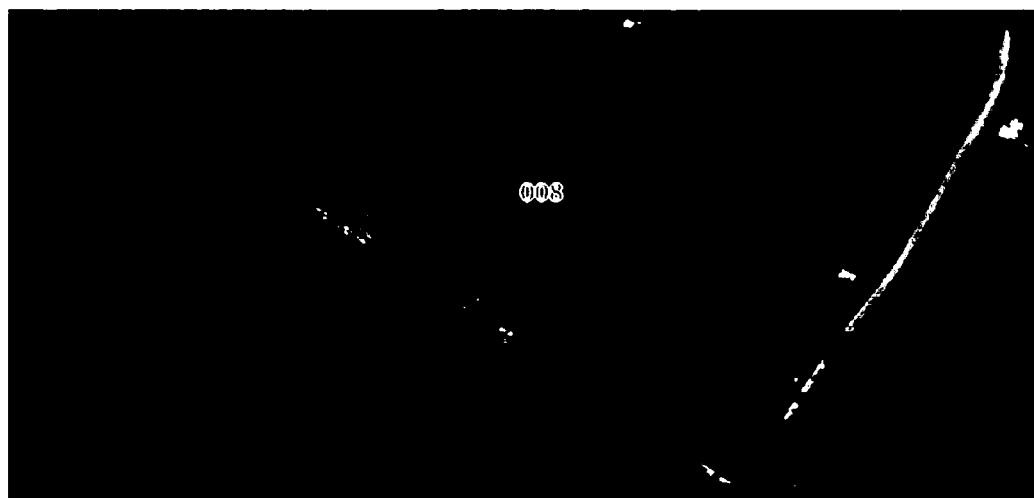
Έδαφος

- Υδατοικανότητα: 0,28 (0,29)
- Σημείο μόνιμης μάρανσης: 0,14 (0,14)
- Εδαφική υγρασία στον κορεσμό: 0,43 (0,43)

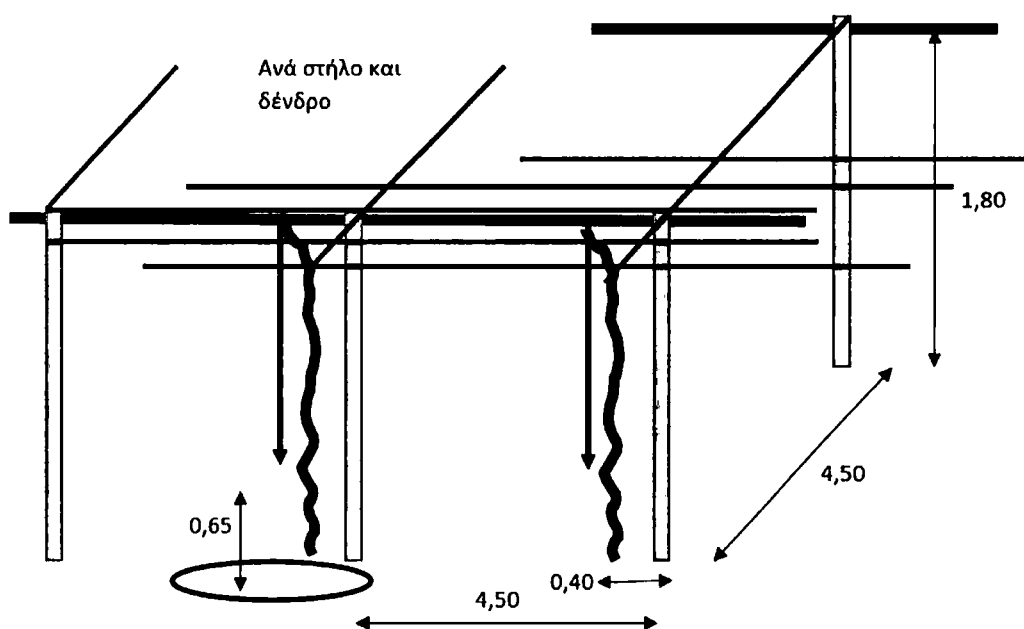
Οπωρώνας Β (ΤΜ - Κολομόδια)

Ο δεύτερος οπωρώνας βρίσκεται στα Κολομόδια Άρτας (συντεταγμένες WGS84: 39,01 Β, 20,97 Α), έχει έκταση 0,9 ha, αρδευόμενη έκταση 0,4 ha και καλλιέργεια ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*) ποικιλία Hayward.

Το τμήμα στο οποίο έγιναν οι δοκιμές έχει φυτά ηλικίας 17 ετών (φύτευση το 2001) με αποστάσεις φύτευσης 2,5 x 5 m (2,5 επί της γραμμής και 5 οι γραμμές). Το νερό της άρδευσης προέρχεται από ιδιωτική γεώτρηση, οι έξοδοι είναι μικροεκτοξευτήρες (ένας ανά φυτό), αναρτημένοι σε ύψος 0,65 από το έδαφος και διάμετρο διαβροχής 4 m. Οι αγωγοί εφαρμογής περνούν σε ύψος 1,80m.



Εικόνα 7 Δορυφορική εικόνα του οπωρώνα στα Κολομόδια (ΟΠΕΚΕΠΕ 2019)



Εικόνα 8 Διάταξη φυτών και αρδευτικού συστήματος

Στον οπωρώνα Β χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω προσαρμοσμένοι παράμετροι (σε παρένθεση δίνονται οι τιμές των παραμέτρων που είναι καταχωρημένες στη βάση δεδομένων του συστήματος, εάν δεν δοθεί τιμή σε μία παράμετρο τότε αυτή έχει την τιμή που προτείνει το σύστημα):

Διαχείριση άρδευσης

- Συντελεστής αρδευτικής αποδοτικότητας: 0,75 (0,8)
- Συντελεστής βελτιστοποίησης άρδευσης: 0,75 (0,5)

Καλλιέργεια

- Μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμα: 0,35 (0,35)
- Εκτιμώμενο μέγιστο βάθος ριζοστρώματος :0,4 (1,3)
- Εκτιμώμενο ελάχιστο βάθος ριζοστρώματος: 0,3 (0,7)

Με βάση τη πληροφορία που παρέχεται για το ακτινίδιο από τους Allen et al. (1998, Πίνακας 3) στη βάση δεδομένων του συστήματος καταχωρήθηκε η τιμή $K_c=0,8$.

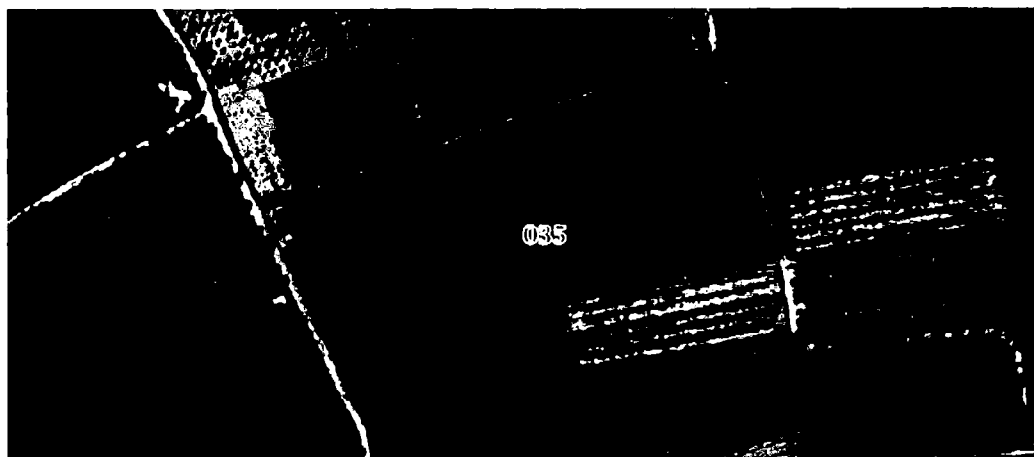
Έδαφος

- Υδατοικανότητα: 0,34 (0,39)
- Σημείο μόνιμης μάρανσης: 0,1 (0,10)
- Εδαφική υγρασία στον κορεσμό: 0,45 (0,50)

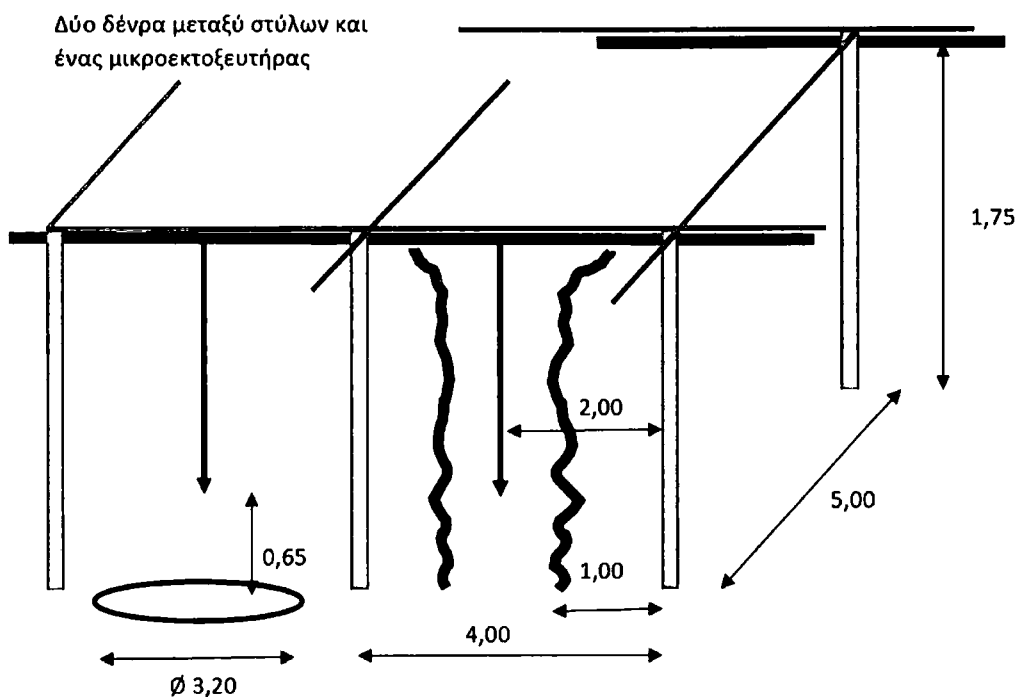
Οπωρώνας Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)

Ο τρίτος οπωρώνας βρίσκεται στο Νεοχώρι Άρτας, (συντεταγμένες WGS84: 39,06 Β, 21,03 Α), έχει έκταση 3 ha, αρδευόμενη έκταση 1,5 ha και καλλιέργεια ακτινίδιο (*Actinidia deliciosa*) ποικιλία Hayward.

Το τμήμα στο οποίο έγιναν οι δοκιμές έχει φυτά ηλικίας 9 ετών (φύτευση το 2009) με αποστάσεις φύτευσης 2 x 5m (2 επί της γραμμής και 5 οι γραμμές). Το νερό της άρδευσης προέρχεται από ιδιωτική γεώτρηση, οι έξοδοι είναι μικροεκτοξευτήρες (δύο δέντρα μεταξύ των στύλων και ένας μικροεκτοξευτήρας), αναρτημένοι σε ύψος 0,65 από το έδαφος και διάμετρο διαβροχής 3,2 m. Οι αγωγοί εφαρμογής περνούν σε ύψος 1,75m.



Εικόνα 9 Δορυφορική εικόνα του σπρωώνα στο Νεοχώρι (ΟΠΕΚΕΠΕ 2019)



Εικόνα 10 Διάταξη φυτών και αρδευτικού συστήματος

Στον σπρωώνα στο Νεοχώρι Άρτας χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω προσαρμοσμένοι παράμετροι (σε παρένθεση δίνονται οι τιμές των παραμέτρων που είναι καταχωρημένες στη βάση δεδομένων του συστήματος, εάν δεν δοθεί τιμή σε μία παράμετρο τότε αυτή έχει την τιμή που προτείνει το σύστημα):

Διαχείριση άρδευσης

- Συντελεστής αρδευτικής αποδοτικότητας: 0,85 (0,8)
- Συντελεστής βελτιστοποίησης άρδευσης: 0,75 (0,5)

Καλλιέργεια

- Μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμα: 0,35 (0,35)
- Εκτιμώμενο μέγιστο βάθος ριζοστρώματος: 0,4 (1,3)
- Εκτιμώμενο ελάχιστο βάθος ριζοστρώματος: 0,3 (0,7)

Με βάση τη πληροφορία που παρέχεται για το ακτινίδιο από τους Allen et al. (1998, Πίνακας 3) στη βάση δεδομένων του συστήματος καταχωρήθηκε η τιμή $K_c=0,8$

Έδαφος

- Υδατοικανότητα: 0,38 (0,28)
- Σημείο μόνιμης μάρανσης: 0,22 (0,09)
- Εδαφική υγρασία στον κορεσμό: 0,43 (0,43)

Εξοπλισμός μέτρησης

Για την καταγραφή της εδαφικής υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν διηλεκτρικοί πυκνωτικοί αισθητήρες (10HS, Decagon Devices USA) σε βάθος 30 cm με χρήση της γενικής εξίσωσης μετατροπής σήματος που παρέχει ο κατασκευαστής για ανόργανα εδάφη.

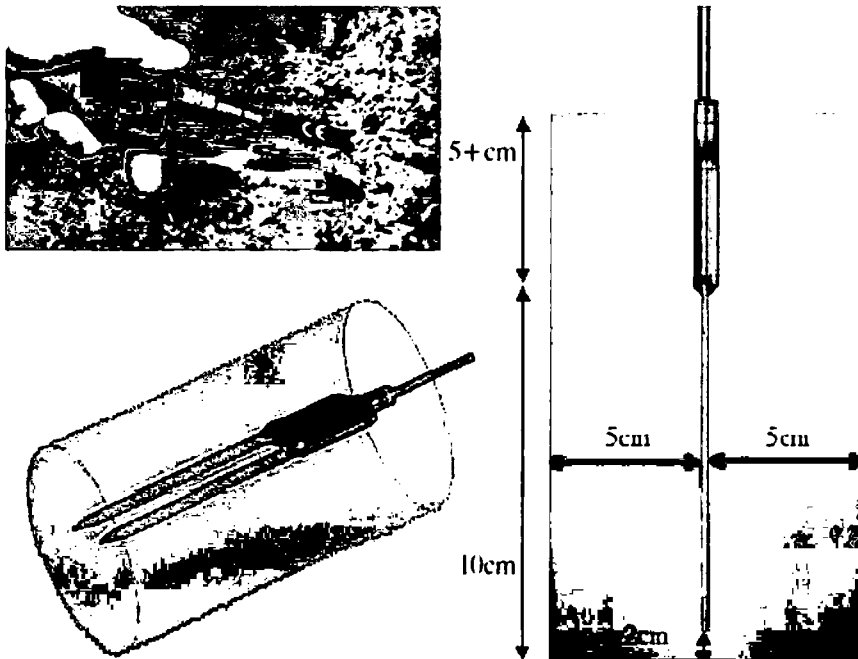
Η υγρασία θεωρήθηκε ομοιόμορφη σε όλο το βάθος του εδάφους που εξετάστηκε. Οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση προέκυψαν από τις καταγραφές των ενδείξεων των υδρομέτρων σε αντιπροσωπευτικούς αγωγούς εφαρμογής.



Εικόνα 11 Καταγραφικό τιμών αισθητήρων εδάφους και κλωβός προστασίας αισθητήρων θερμοκρασίας – υγρασίας αέρα

Η μέθοδος αυτή συσχετίζει την εδαφική υγρασία με την χωρητικότητα του εδάφους ως ηλεκτρικού πυκνωτή και αποτελεί μια πολύ καλή τομή μεταξύ κόστους, ακρίβειας και αξιοπιστίας. Η χωρητικότητα ως ηλεκτρομαγνητική μέθοδος για μέτρηση υγρασίας εδάφους άρχισε να εφαρμόζεται από τη δεκαετία του 1930 (Starr και Paltineanu, 2002). Οι εξηγήσεις που ακολουθούν βασίζονται στο τεχνικό σημείωμα των Τσιρογιάννη και Κολιοπάνου (2017). Σύμφωνα με το τεχνικό φυλλάδιο του αισθητήρα (Decagon, 2009) ο 10HS 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 περιεκτικότητά 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. Μία συνοπτική αλλά ολοκληρωμένη παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου που διέπει την αρχή λειτουργίας των αισθητήρων αυτών παρέχεται Visconti κ.α. (2014). Οι καταγραφές μπορούν να γίνουν με μία σειρά καταγραφικά (data loggers). Σχετικά με τη συμβατότητα έγινε αναφορά στα χαρακτηριστικά των αισθητήρων. Ο em50 της Decagon είναι από τους πιο κοινά χρησιμοποιούμενους (Decagon, 2016). Μπορεί να δεχθεί από έναν έως πέντε αισθητήρες με βύσμα stereo plug. Λειτουργεί με 5 μπαταρίες AA.



Εικόνα 12 Decagon 10HS και όγκος ευαισθησίας του αισθητήρα

Ο χειρισμός του μπορεί να γίνει μέσω του Utility software (Decagon, 2017α). Με αυτό μπορούμε να ορίσουμε εάν και ποιος αισθητήρας αντιστοιχεί σε κάθε σημείο σύνδεσης (port) καθώς και τη συχνότητα καταγραφής (ή αν δεν καταγράφει). Για να συνδεθεί ένας υπολογιστής στο em50 απαιτείται ειδικό καλώδιο (com ή usb στο υπολογιστή και stereo plug στο em50). Στη συνέχεια πατώντας Connect γίνεται η σύνδεση. Όταν ολοκληρωθεί η όποια εργασία, και θέλουμε να αποσυνδέσουμε το em50 από τον υπολογιστή πρέπει πρώτα να πατηθεί το Disconnect. Αν θέλουμε να γίνει μια μέτρηση άμεσα επιλέγουμε scan.

Αποτελέσματα

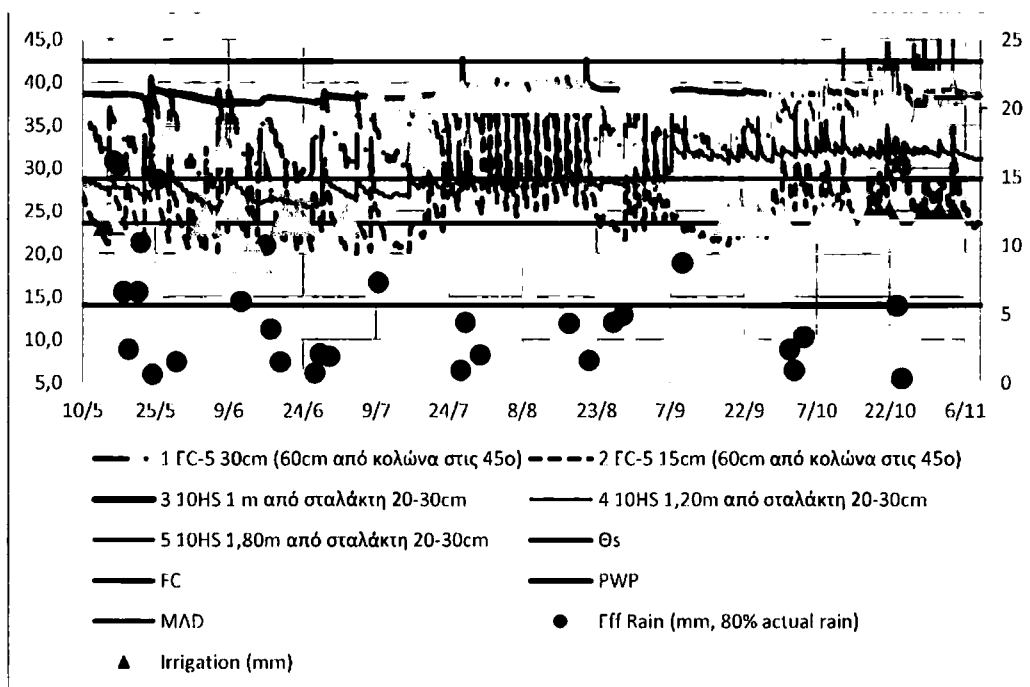
Συνήθως οι αγρότες επιδιώκουν να αποφύγουν οποιοδήποτε υδατική καταπόνηση στις καλλιέργειες και να μεγιστοποιήσουν την απόδοση των καλλιεργειών. Ωστόσο, η παραγωγή μιας καλλιέργειας αυξάνει με την αύξηση του νερού άρδευσης μέχρι ενός σημείου κορεσμού και η επιπλέον ποσότητα νερού δεν αυξάνει την παραγωγή. Η σχέση παραγωγής μιας καλλιέργειας και ποσότητας νερού άρδευσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως οι κλιματικές συνθήκες, το έδαφος και η εφαρμοζόμενες τεχνικές καλλιέργειας. Επειδή συνήθως η υπέρ-άρδευση δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στην καλλιέργεια, οι αγρότες έχουν την τάση για να 'αισθάνονται ασφαλείς', να αυξάνουν την ποσότητα του νερού άρδευσης πάνω από τις πραγματικές ανάγκες, ειδικά όταν και η τιμή του νερού άρδευσης είναι πολύ χαμηλή.

Η αρδευτική περίοδος ξεκινά από το Μάιο και φθάνει έως και την ημέρα πριν τη συγκομιδή εάν κριθεί απαραίτητο (έως τέλος Οκτωβρίου συνήθως), η συχνότητα των αρδεύσεων είναι ανά 1-3 ημέρες (συνήθως ανά 2), ενώ η διάρκεια των αρδευτικών γεγονότων καθορίζεται με βάση διάφορους εμπειρικούς δείκτες όπως η όψη και η αίσθηση της επιφάνειας του εδάφους, η εμφάνιση των φύλλων, η κάμψη των βεργών. Γενικά θεωρείται σκοπιμότερο να χορηγούνται μικρότερες ποσότητες νερού με μικρές αρδεύσεις παρά μεγαλύτερες ποσότητες με αραιές αρδεύσεις.

Οπωρώνας Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή)

Στον οπωρώνα Α υπάρχουν 1121 εκτοξευτήρες. Η αρδευτική περίοδος διήρκεσε από 15/5/2018 ως 3/11/2018.

Η αρδευόμενη έκταση εκτιμήθηκε στα 6,5 στρέμματα. Στο υδρόμετρο που είναι τοποθετημένο στον αγρό και λαμβάνονται οι μετρήσεις που αντιστοιχούν σε 37 εκτοξευτήρες σε ένα σύνολο 1121 εκτοξευτήρων. Πραγματοποιήθηκαν 59 αρδεύσεις. Το υδρόμετρο κατέγραψε 375,58 m³ στο σύνολο της αρδευτικής περιόδου, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 11.379 m³ για το σύνολο των μικροεκτοξευτήρων, για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου ή 875,30 mm (m³/στρέμμα) λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική έκταση για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου.



Εικόνα 13 Δεδομένα υδατικού ισοζυγίου για τον οπωρώνα Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή) κατά το έτος 2018

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται ενδεικτικά η διακύμανση των παραμέτρων του υδατικού ισοζυγίου για τον οπωρώνα Α κατά την αρδευτική περίοδο του έτους 2018, όπως το ύψος ενεργού βροχόπτωσης και των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν, η κατ' όγκο εδαφική υγρασία στην υδατοϊκανότητα και στο σημείο μόνιμης μάρανσης

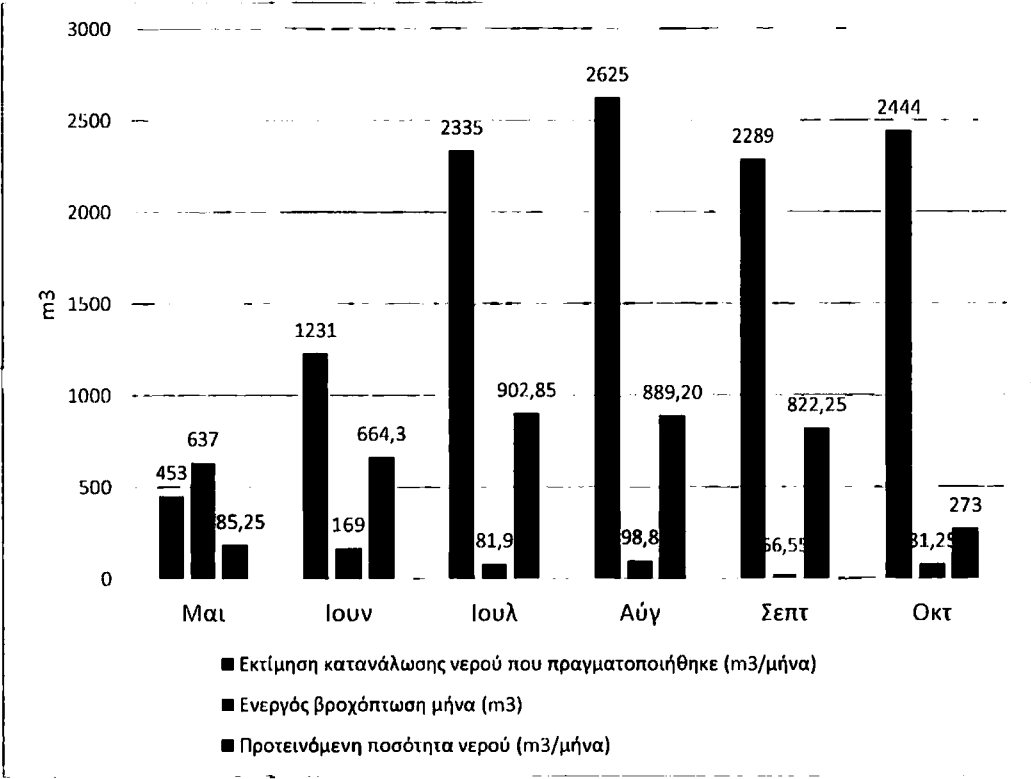
του εδάφους, οι μετρήσεις εδαφικής υγρασίας σε βάθος 30 cm, η εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου του IRMA_SYS αλλά και η αναμενόμενη διακύμανση υγρασίας στην περίπτωση που εφαρμόζονταν οι συμβουλές που προτάθηκαν στη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου.

Με βάση την εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης νερού για το σύνολο της περιόδου (που προέκυψε από αναγωγή των μετρήσεων του υδρομέτρου στο σύνολο των μικροεκτοξευτήτων του συστήματος), εκτιμήθηκε σε μηνιαία βάση η χρήση νερού για το σύνολο του οπωρώνα. Από το σύστημα συμβουλών άρδευσης λήφθηκαν στοιχεία σχετικά με την εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης και της προτεινόμενης ποσότητας νερού για άρδευση με βάση την εξατμισοδιαπνοή και την αποτελεσματικότητα του αρδευτικού συστήματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια (Πίνακας 6, Εικόνα 14). Από αυτά προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 51% μεγαλύτερος αυτού που πρότεινε το σύστημα ενώ η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν κατά 204% μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Επομένως με βάση το σύνολο της έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν 875 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$) ενώ με βάση το σύστημα οι αντίστοιχες ανάγκες εκτιμήθηκαν στα 288 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$). Πραγματοποιήθηκαν δε 59 αρδεύσεις σε σχέση με 39 που προτάθηκαν από το σύστημα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεγάλη διαφορά σε συχνότητα και ποσότητα κατά το μήνα Οκτώβριο πιθανότα οφείλεται στην προσπάθεια του παραγωγού να ελέξει τα ΔΣΣ.

Πίνακας 6 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή)

Μήνας	Εκτίμηση κατανάλωσης νερού που πραγματοποιήθηκε (m ³ /μήνα)	Εκτίμηση αριθμού αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκε ανά μήνα	Συχνότητα άρδευσεων που πραγματοποιήθηκαν (ανά πόσες ημέρες)	Ενεργός βροχόπτωση μήνα (m ³)	Προτεινόμενη ποσότητα νερού (m ³ /μήνα)	Προτεινόμενος αριθμός αρδεύσεων ανά μήνα	Προτεινόμενη συχνότητα (ανά πόσες ημέρες)
Μαι	453	4		637	185,25	2	
Ιουν	1231	11	2,7	169	664,3	7	4,3
Ιουλ	2335	15	2,1	81,9	902,85	9	3,4
Αύγ	2625	12	2,6	98,8	889,20	9	3,4
Σεπτ	2289	8	3,8	56,55	822,25	9	3,3
Οκτ	2444	9	3,4	81,25	273	3	10,3
Συν	11378	59		1124,5	3736,85	39	
Διαφ					204%		



Εικόνα 14 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Α (ΚΛ - Αγία Παρασκευή)

Οπωρώνας Β (ΤΜ - Κολομόδια)

Στον οπωρώνα Β υπάρχουν 800 εκτοξευτήρες σε συνολική έκταση εννέα (9) στρεμμάτων. Η αρδευτική περίοδος διήρκεσε από 15/5/2018 ως 3/11/2018. Πραγματοποιήθηκαν 77 αρδεύσεις.

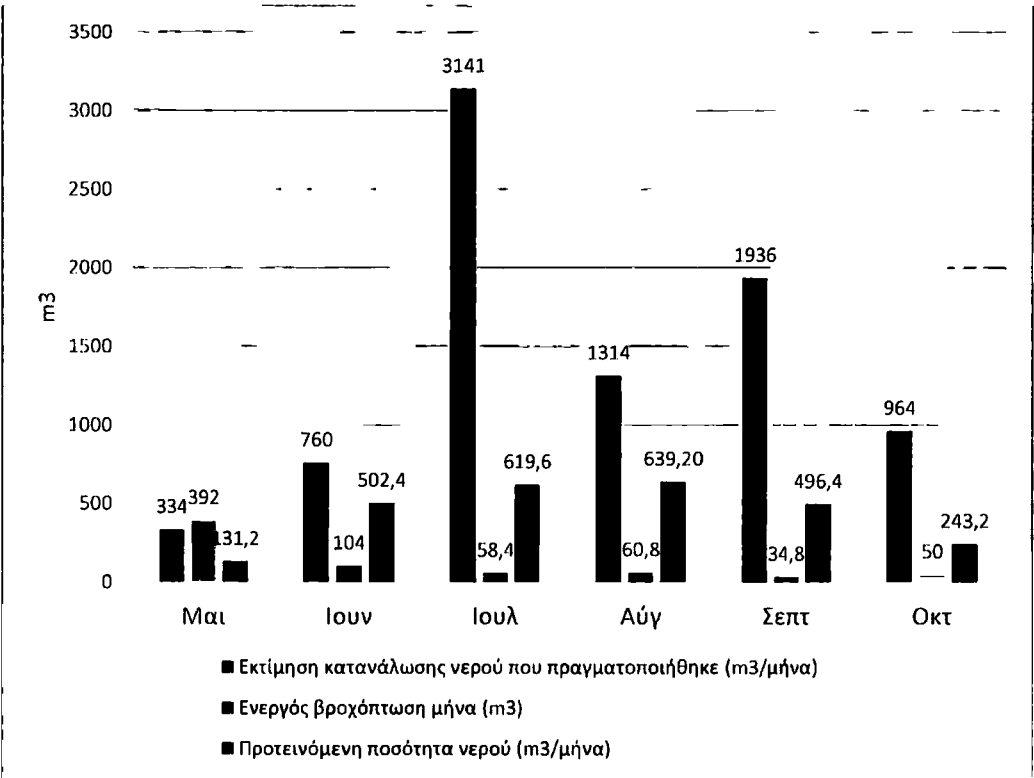
Η αρδευόμενη έκταση είναι 4 στρέμματα. Στο υδρόμετρο που είναι τοποθετημένο στον αγρό και λαμβάνονται οι μετρήσεις που αντιστοιχούν σε 14 εκτοξευτήρες σε ένα σύνολο 800 εκτοξευτήρων. Το υδρόμετρο κατέγραψε 147 m³ στο σύνολο της αρδευτικής περιόδου, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 844,58 m³ για το σύνολο των μικροεκτοξευτήρων, για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου ή 938,75 mm (m³/στρέμμα) λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική έκταση για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου.

Με βάση την εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης νερού για το σύνολο της περιόδου (που προέκυψε από αναγωγή των μετρήσεων του υδρομέτρου στο σύνολο των μικροεκτοξευτήρων του συστήματος), εκτιμήθηκε σε μηνιαία βάση η χρήση νερού για το σύνολο του οπωρώνα. Από το σύστημα συμβουλών άρδευσης λήφθηκαν στοιχεία σχετικά με την εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης και της προτεινόμενης ποσότητας νερού για άρδευση με βάση την εξατμισοδιαπνοή και την αποτελεσματικότητα του αρδευτικού συστήματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια (Πίνακας 7, Εικόνα 15). Από αυτά προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 267% μεγαλύτερος αυτού που πρότεινε το σύστημα ενώ η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν κατά 221% μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Επομένως με βάση το σύνολο της έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν 938,75 mm (m³/στρέμμα) ενώ με βάση το σύστημα οι αντίστοιχες ανάγκες εκτιμήθηκαν στα 293 mm (m³/στρέμμα). Πραγματοποιήθηκαν δε 77 αρδεύσεις σε σχέση με 21 που προτάθηκαν από το σύστημα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεγάλη διαφορά σε συχνότητα και ποσότητα κατά το μήνα Οκτώβριο πιθανότα οφείλεται στην προσπάθεια του παραγωγού να ελέξει τα ΔΣΣ.

Πίνακας 7 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Β (ΤΜ - Κολομόδια)

Μήνας	Εκτίμηση κατανάλωσ ης νερού που πραγματοπ οιήθηκε (m³/μήνα)	Εκτίμηση αριθμού αρδεύσεων που πραγματοπ οιήθηκε ανά μήνα	Συχνότητα άρδευσεων που πραγματοποιή θηκαν (ανά πόσες ημέρες)	Ενεργός βροχόπτ ωση μήνα (m³)	Προτεινόμε νη ποσότητα νερού (m³/μήνα)	Προτεινόμε ενος αριθμός αρδεύσεων ν ανά μήνα	Προτεινόμε νη συχνότητα (ανά πόσες ημέρες)
Μαι	334	4		392	131,2	1	
Ιουν	760	11	2,7	104	502,4	4	7,5
Ιουλ	3141	16	1,9	58,4	619,6	5	6,2
Αύγ	1314	15	2,1	60,8	639,20	5	6,2
Σεπτ	1936	15	2,0	34,8	496,4	4	7,5
Οκτ	964	16	1,9	50	243,2	2	15,5
Συν	8449	77		700	2632	21	
Διαφ					221%	267%	



Εικόνα 15 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Β (ΤΜ - Κολομόδια)

Οπωρώνας Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)

Στον οπωρώνα Γ υπάρχουν 1200 εκτοξευτήρες σε συνολική έκταση 30 (30) στρεμμάτων. Η αρδευτική περίοδος διήρκεσε από 1/5/2018 ως 25/10/2018. Πραγματοποιήθηκαν 78 αρδεύσεις.

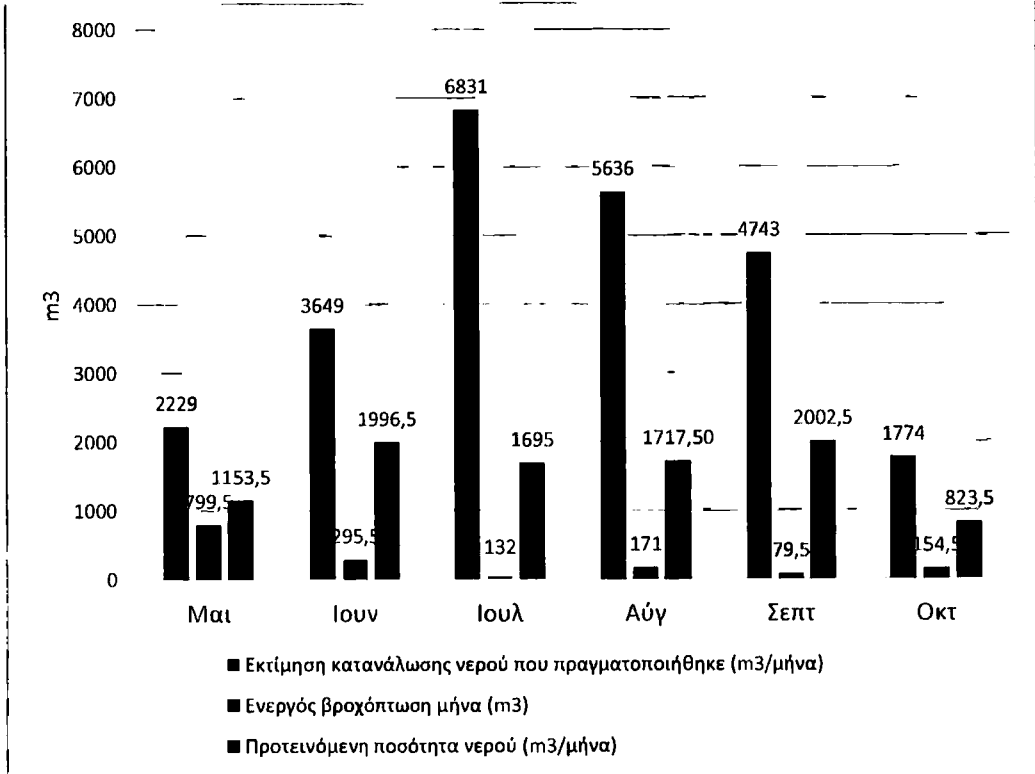
Η αρδευόμενη έκταση είναι 15 στρέμματα. Στο υδρόμετρο που είναι τοποθετημένο στον αγρό και λαμβάνονται οι μετρήσεις που αντιστοιχούν σε 18 εκτοξευτήρες σε ένα σύνολο 1200 εκτοξευτήρων. Το υδρόμετρο κατέγραψε 372 m³ στο σύνολο της αρδευτικής περιόδου, ποσότητα που αντιστοιχεί σε 24.860 m³ για το σύνολο των μικροεκτοξευτήρων, για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου ή 828,69 mm (m³/στρέμμα) λαμβάνοντας υπόψη τη συνολική έκταση για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου.

Με βάση την εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης νερού για το σύνολο της περιόδου (που προέκυψε από αναγωγή των μετρήσεων του υδρομέτρου στο σύνολο των μικροεκτοξευτήρων του συστήματος), εκτιμήθηκε σε μηνιαία βάση η χρήση νερού για το σύνολο του οπωρώνα. Από το σύστημα συμβουλών άρδευσης λήφθηκαν στοιχεία σχετικά με την εκτίμηση της ενεργού βροχόπτωσης και της προτεινόμενης ποσότητας νερού για άρδευση με βάση την εξατμισοδιαπνοή και την αποτελεσματικότητα του αρδευτικού συστήματος. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στη συνέχεια (Πίνακας 8, Εικόνα 16). Από αυτά προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 136% μεγαλύτερος αυτού που πρότεινε το σύστημα ενώ η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν κατά 165% μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Επομένως με βάση το σύνολο της έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν 828,69 mm (m³/στρέμμα) ενώ με βάση το σύστημα οι αντίστοιχες ανάγκες εκτιμήθηκαν στα 312,95 mm (m³/στρέμμα). Πραγματοποιήθηκαν δε 78 αρδεύσεις σε σχέση με 33 που προτάθηκαν από το σύστημα. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεγάλη διαφορά σε συχνότητα και ποσότητα κατά το μήνα Οκτώβριο πιθανότα οφείλεται στην προσπάθεια του παραγωγού να ελέξει τα ΔΣΣ.

Πίνακας 8 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)

Μήνας	Εκτίμηση κατανάλωσ ης νερού που πραγματοπ οιήθηκε (m³/μήνα)	Εκτίμηση αριθμού αρδεύσεων που πραγματοπ οιήθηκε ανά μήνα	Συχνότητα άρδευσων που πραγματοποιή θηκαν (ανά πόσες ημέρες)	Ενεργός βροχόπτ ωση μήνα (m³)	Προτεινόμε νη ποσότητα νερού (m³/μήνα)	Προτεινόμε νος αριθμός αρδεύσεων ανά μήνα	Προτεινόμε νη συχνότητα (ανά πόσες ημέρες)
Μαι	2229	4		799,5	1153,5	4	
Ιουν	3649	14	2,1	295,5	1996,5	6	5,0
Ιουλ	6831	15	2,1	132	1695	7	4,4
Αύγ	5636	16	1,9	171	1717,50	6	5,2
Σεπτ	4743	16	1,9	79,5	2002,5	7	4,3
Οκτ	1774	13	2,4	154,5	823,5	3	10,3
Συν	24861	78		1632	9388,5	33	
Διαφ					165%	136%	



Εικόνα 16 Σύγκριση αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν με αρδεύσεις που προτάθηκαν από το σύστημα για τον οπωρώνα Γ (ΕΞ - Νεοχώρι)

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα είναι προφανές ότι αν εφαρμόζονταν κατά γράμμα το μοντέλο του IRMA_SYS, για τον οπωρώνα Α θα μπορούσαν να επιτευχθούν είκοσι λιγότερες αρδεύσεις και πολύ μικρότερες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα μείωση της κατανάλωσης για το 2018. Με βάση το σύνολο της έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν 875 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$) ενώ με βάση το σύστημα οι αντίστοιχες ανάγκες εκτιμήθηκαν στα 288 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$). Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 51% μεγαλύτερος αυτού που πρότεινε το σύστημα ενώ η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν κατά 204% μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τον οπωρώνα Β δείχνουν ότι θα μπορούσαν να επιτευχθούν πενήντα πέντε λιγότερες αρδεύσεις και πολύ μικρότερες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα μείωση της κατανάλωσης για το 2018. Με βάση το σύνολο της έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν 938,75 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$) ενώ με βάση το σύστημα οι αντίστοιχες ανάγκες εκτιμήθηκαν στα 293 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$). Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 267% μεγαλύτερος αυτού που πρότεινε το σύστημα ενώ η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν κατά 221% μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τον οπωρώνα Γ δείχνουν ότι θα μπορούσαν να επιτευχθούν σαράντα πέντε λιγότερες αρδεύσεις και πολύ μικρότερες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα μείωση της κατανάλωσης για το 2018. Με βάση το σύνολο της έκτασης για όλη την αρδευτική περίοδο χορηγήθηκαν 828,69 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$) ενώ με βάση το σύστημα οι αντίστοιχες ανάγκες εκτιμήθηκαν στα 312,95 mm ($\text{m}^3/\text{στρέμμα}$). Κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου, ο αριθμός των αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν κατά 136% μεγαλύτερος αυτού που πρότεινε το σύστημα ενώ η συνολική ποσότητα νερού που χορηγήθηκε ήταν κατά 165% μεγαλύτερη αυτής που πρότεινε το σύστημα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεγάλη διαφορά σε συχνότητα και ποσότητα κατά το μήνα Οκτώβριο πιθανότα οφείλεται στην προσπάθεια του παραγωγού να ελέγξει τα ΔΣΣ.

Βιβλιογραφία

1. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome.
2. Chartzoulakis K., Patakas A., Besabalidis A., 1999. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Journal of Experimental and Environmental Botany* 42(2):113-120
3. Chartzoulakis K., Michelakis N. and Vougioukalou E., 1991. Growth and production of kiwi under different irrigation systems. *Fruits* 46 (1):75-81
4. J. Hasey et al. (1994) Kiwifruit growing and handling University of Kalifornia
5. Malamos et al., 2016 . Efficient Irrigation Management Tools for Agricultural Cultivations and Urban Landscapes (IRMA)
6. Pardossi A., Incrocci L., Incrocci G., Malorgio F., Battista P, Bacci L., Rapi ., Marzalletti P., Hemming J. and Balendonck J., 2009.
7. ProBioSiS, 2008. Critical points and directions for kiwifruit cultivation according to organic farming obligations. Pro.Bio.Sis project / INTERREG IIIA GR-IT 2000-2006. p. 15
8. Savva A.P., Frenken K., 2002. Planning, Development Monitoring and Evaluation of irrigated Agriculture with Farmer Participation. FAO SAFR Irrigation Manual Volume IV Module 9 Localized irrigation systems: planning, design, operation and maintenance. Διαθέσιμο στο: ftp://ftp.fao.org/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/714_e.pdf
9. Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E., 2012. Crop Yield Response to Water. FAO (UN Food Agriculture Organisation) FAO Irrigation and Drainage Paper #66. Διαθέσιμο στο: <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>
10. Tsirogiannis I.L., Chalkidis I., Papanikolaou C., 2015. Irrigation & Drainage Audits Guide and End-User Audit WorkBook and End-User Audit WorkBook - ETCP GR-IT

2007-2013 IRMA. Διαθέσιμο στο: http://www.irrigation-management.eu/deliverables/Del516Audit_PlanandSheets.rar

11. Xiloyannis C., Montanaro G. and Dichio B., 2012. Irrigation in Mediterranean Fruit Tree Orchards, Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments, Dr. Teang Shui Lee (Ed.), InTech, available from: <http://www.intechopen.com/books/irrigation-systems-and-practices-inchallenging-environments/irrigation-in-mediterranean-fruit-tree-orchards>
12. Βασιλάκης Μ. & Θεριός Ι.(1984).Ειδική Δενδροκομική. Εκδόσεις Δεδούση Θεσσαλονίκη
13. GAIAPedia, 2017. Ακτινιδιά. Διαθέσιμο στο: <http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%91%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%AC>
14. Δημουλάς Ι. (1988). Η ακτινιδιά. Εκδόσεις Αγροτική Τράπεζα Ελλάδας. Αθήνα.
15. ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΟΜΙΑΣ Μέρος Ι, Το Ελαιόλαδο. 2017.
16. Εθνικό κτηματολόγιο .Διαθέσιμο στο <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap>
17. ΕΛ.Γ.Ο. “ΔΗΜΗΤΡΑ” Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων ,Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας. (FAOSTAT, 2015).
18. ΕΛ.ΣΤΑΤ., Απογραφές Γεωργίας – Κτηνοτροφίας, 1991 και 2009.
19. Νάνος Γ.Δ., 2009. Ορθές γεωργικές πρακτικές στην άρδευση της ελιάς. Γεωργία – Κτηνοτροφία 6: 60-68
20. Παλούκης Σ., Ντινόπουλος Ο. (1989). Ακτινιδιά. Εκδόσεις Πεταλωτή. Αθήνα
21. Πατακιούτας Γ., 2001. Σημειώσεις αρδεύσεις-στραγγίσεις, Άρτα

22. Πατακιούτας Γ., Santomauro A., Τσιρογιάννης (2006). Κρίσιμα σημεία και κατευθυντήριες οδηγίες για την παραγωγή ακτινιδίων στην βιολογική καλλιέργεια. ΤΕΙ Ηπείρου. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Τμήμα Ανθοκομίας-Αρχιτεκτονικής τοπίου. INTERREG IIIA ΕΛΛΑΔΑ - ΙΤΑΛΙΑ 2000-2006
23. Ποντίκης Κ. (1996). Ειδική δενδροκομία . "Ακρόδρυα-Πυρηνόκαρπα-Λοιπά καρποφόρα". Τόμος II. Εκδόσεις Σταμούλη. Αθήνα
24. Τσιρογιάννης Ι.Λ., Κολιοπάνος Χ., 2017. Χρήση διηλεκτρικών πυκνωτικών αισθητήρων υγρασίας εδάφους. Τεχνική Αναφορά ΑΝ01_2017 ΤΕΙ Ηπείρου, Τμ. Τεχν. Γεωπόνων, Εργ. Γεωργικής Μηχανικής και Διαχείρισης Φυσικών Πόρων
25. Τσιρογιάννης Ι. Λ., Μαλάμος Ν., Μπαρούχας Π, Μπαλτζώη Π., Φωτιά Κ., Γιώτης Δ., Τενέδιος Γ., Τσουμάνη Ε., Χήρας Σ., Χριστοφίδης Α., 2017. Αρδευτική πρακτική στη καλλιέργεια ακτινιδίου στην πεδιάδα της Άρτας και αξιολόγηση εφαρμογής του συλλογικού συστήματος υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης IRMASys. Έχει γίνει δεκτό για προφορική παρουσίαση στο πλαίσιο του 28ου Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών (ΕΕΕΟ) 16-20 Οκτωβρίου 2017 Θεσσαλονίκη.
26. Τσιρογιάννης Ι. Λ., Τριάντος Σ., 2009. Καταγραφή Αρδευτικής Πρακτικής και Ανάπτυξη Διαδικτυακού Εργαλείου Διαχείρισης Άρδευσης για την Περιοχή της Άρτας. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών, 8-10 Οκτωβρίου 2009, Θεσσαλονίκη (σελ. 51-58)
27. ΟΠΕΚΕΠΕ (Οργανισμός Πληρωμών & Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων), 2016. Παροχή δεδομένων σχετικά με καταγραφές εκτάσεων για την Π.Ε. Άρτας (Κωδικοί ΕΦΥ16: 45.2 / ΕΦΥ15: ΛΟΙΠΕΣ ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ και ΡΟΙ: 14025, 8194, 45204, 45205 και 45203
28. ΥΠΑΑΤ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων) – τ., Υπουργείο Γεωργίας, 1989. Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση. (ΦΕΚ. 428Β/02-06-1989)

29. FAO (UN Food Agriculture Organisation), 2017. CROPWAT – Λογισμικό υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση. Διαθέσιμο στο: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
30. Χατζουλάκης Κ.(2019) Η άρδευση των καλλιεργειών. Εκδόσεις Αγρότυπος